

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO  
NODO DI CATANIA**

**U.O. INFRASTRUTTURE SUD**

**PROGETTO DEFINITIVO**

**INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA  
DELL'AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL  
TRATTO DI LINEA INTERESSATO.**

**MACROFASE FUNZIONALE 1**

**LOTTO 2**

Bretella CT-SR e Fascio A-P di prima fase e Collegamento Fascio A-P-Interporto - OPERE CIVILI  
Tombini - IN18 tombino ferroviario km 0+730 Collegamento Fascio A/P - Relazione di calcolo

SCALA:

-

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA Progr. REV.

RS3H 02 D 78 CL IN1800 001 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione esecutiva	L.Nani	Marzo 2020	G. Giustino <i>G. Giustino</i>	Marzo 2020	S. Vanfiori <i>S. Vanfiori</i>	Marzo 2020	D. Tiberti Marzo 2020 <i>D. Tiberti</i>

File: RS3H.0.2.D.78.CL.IN.18.0.0.001.A

n. Elab.:

Ordine degli Ingegneri Prov. di Napoli n. 10175

## INDICE

1. PREMESSA.....	2
2. GEOMETRIA DELLA STRUTTURA .....	3
3. PROGETTO NUOVO TOMBINO.....	4
3.1. NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	4
3.2. UNITA' DI MISURA E SIMBOLOGIA.....	4
3.3. GEOMETRIA .....	5
3.4. MATERIALI .....	5
3.5. INQUADRAMENTO GEOTECNICO .....	7
3.6. MODELLO DI CALCOLO .....	9
3.7. ANALISI DEI CARICHI.....	11
3.8. VERIFICA REQUISITI S.T.I. ....	19
3.9. COMBINAZIONI DI CARICO.....	21
3.10. CARATTERISTICHE DELLE SOLLECITAZIONI.....	25
3.10.1. INVILUPPO SLU.....	25
3.10.2. INVILUPPO SLV.....	30
3.10.3. INVILUPPO SLE (RARA) .....	33
3.11. VERIFICHE SLU/SLE .....	36
3.12. ARMATURE DI RIPARTIZIONE .....	42
3.13. VERIFICHE SLV AL LIMITE ELASTICO .....	45

## 1. PREMESSA

Nella presente relazione di calcolo è sviluppato il progetto, ai sensi delle norme attualmente vigenti NTC18, di un tombino scatolare facente parte del progetto di interrimento ferroviario del Nodo di Catania per il prolungamento della pista dell'aeroporto di Fontanarossa (Lotto 2).

Lo scatolare in oggetto è situato alla progressiva 0+730.00 della bretella Catania-Siracusa.

Quanto riportato di seguito consentirà di verificare che il dimensionamento della struttura è stato effettuato nel rispetto dei requisiti di resistenza richiesti all'opera.

Si riportano di seguito una sezione longitudinale e una trasversale dello scatolare tipo, volte ad individuare le grandezze impiegate nel dimensionamento.



Figura 1. Sezione longitudinale dello scatolare

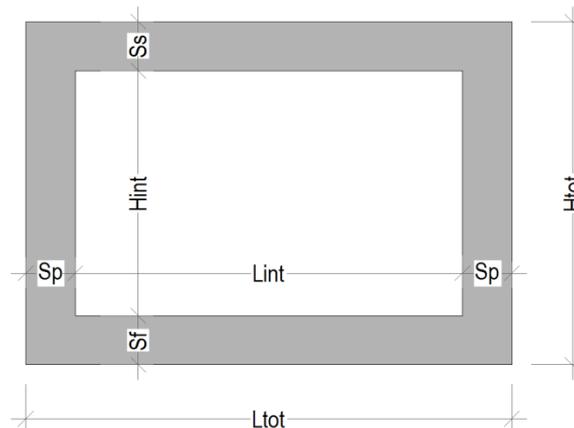


Figura 2. Sezione trasversale dello scatolare

## 2. GEOMETRIA DELLA STRUTTURA

Il tombino sottopassa la linea ferroviaria ad una distanza fra piano ferro ed estradosso soletta pari ad  $H_{ric}$ , di cui spessore medio ballast più armamento pari a 0.80 m e la rimanente parte il rinterro. Esso ha dimensioni interne  $L_{int} \times H_{int}$ . Nel seguito verrà esaminata una striscia di scatolare avente lunghezza di 1.00 m. Nella figura [Fig. 2] di cui al paragrafo precedente sono riportate schematicamente la geometria dell'opera e la simbologia adottata.

Le caratteristiche geometriche hanno la seguente simbologia (unità di misura metri):

Spessore medio del ballast + armamento	$H_b$	[m]
Spessore traversina + rotaie (35 cm)	$H_{tb}$	[m]
Larghezza traversina	$L_{tb}$	[m]
Spessore del rinterro	$H_r$	[m]
Larghezza totale del sottopasso	$L_{tot}$	[m]
Larghezza utile del sottopasso	$L_{int}$	[m]
Spessore della soletta	$S_s$	[m]
Spessore piedritti	$S_p$	[m]
Spessore fondazione	$S_f$	[m]
Altezza libera del sottopasso	$H_{int}$	[m]
Altezza totale del sottopasso	$H_{tot}$	[m]
Larghezza striscia di calcolo	$b$	[m]

### 3. PROGETTO NUOVO TOMBINO

Nel presente paragrafo si riportano i calcoli volti alla progettazione di un nuovo tombino nel rispetto della norma attualmente vigente NTC18.

#### 3.1. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Le analisi strutturali e le verifiche di sicurezza sono state effettuate in accordo con le prescrizioni contenute nelle seguenti normative:

[N.1]. Norme Tecniche per le Costruzioni - D.M. 17-01-18 (NTC-2018);

[N.2]. Circolare n. 7 del 21 gennaio 2019 - Istruzioni per l'Applicazione dell'aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018;

[N.3]. Regolamento (UE) N. 1299/2014 della Commissione del 18 novembre 2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema «infrastruttura» del sistema ferroviario dell'Unione europea, modificato dal Regolamento di esecuzione (UE) N° 2019/776 della Commissione del 16 maggio 2019.

[N.4]. Eurocodici EN 1991-2: 2003/AC:2010 – Eurocodice 1 – Parte 2

[N.5]. RFI DTC SI MA IFS 001 C del 21-12-18 - Manuale di Progettazione delle Opere Civili.

#### 3.2. UNITA' DI MISURA E SIMBOLOGIA

Si utilizza il Sistema Internazionale (SI):

Unità di misura principali

- |                   |                    |
|-------------------|--------------------|
| - N (Newton)      | unità di forza     |
| - m (metro)       | unità di lunghezza |
| - kg (kilogrammo) | unità di massa     |
| - s (secondo)     | unità di tempo     |

Unità di misura derivate da N

- (kiloNewton)  $10^3$  N

Si utilizzano i seguenti principali simboli con le relative unità di misura normalmente adottate:

$\gamma$ (gamma)	peso dell'unità di volume	(kN/m <sup>3</sup> )
$\sigma$ (sigma)	tensione normale	(N/mm <sup>2</sup> )
$\tau$ (tau)	tensione tangenziale	(N / mm <sup>2</sup> )
$\varepsilon$ (epsilon)	deformazione	(m/m) -
$\phi$ (fi)	angolo di resistenza	(°)

### 3.3. GEOMETRIA

Larghezza utile	Lint	5.00 m	luce interna scatolare
Altezza libera	Hint	2.20 m	altezza interna scatolare
Spessore piedritti	Sp	0.60 m	(consigliato: Sp = Ss)
Spessore soletta	Ss	0.60 m	(consigliato: Ss = Lint/10+10cm.)
Spessore fondazione	Sf	0.70 m	(consigliato: Sf = Ss + 10cm.)
Altezza ballast	Hb	0.80 m	
Rinterro (superiore)	Hr	2.00 m	
Lunghezza traversa	Ltb	2.40 m	
Altezza traversa	Htb	0.40 m	
Ricoprimento	Hric	2.80 m	Hb+Hr
Larghezza totale	Ltot	6.20 m	Lint+2xSPp
Altezza totale	Htot	3.40 m	Hint+SPs+SPf

### 3.4. MATERIALI

Per le opere in c.a. si adotta:

Calcestruzzo C (30/37) le cui caratteristiche principali sono:

- Resistenza cilindrica caratteristica:  $f_{ck} = 30 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza di calcolo a compressione semplice:  $f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_m$ , dove:
  - $\alpha_{cc} = 0.85$  e  $\gamma_m = 1.5$ ;
  - $f_{cd} = 17 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza di calcolo a trazione semplice:  $f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_m$ , dove :

- $\gamma_m = 1.5$ ;
- $f_{ctd} = 1,35 \text{ N/mm}^2$ .
- Modulo elastico:  $E_c = 32836 \text{ N/mm}^2$
- Tolleranza di posa del copriferro = 10 mm;
- Classe di esposizione XA1
- Copriferro = 40 mm
- Condizioni ambientali: aggressive
- Apertura fessure limite:  $w_1 = 0.2 \text{ mm}$

Acciaio da cemento armato normale B450C controllato in stabilimento. Le barre sono ad aderenza migliorata. Le caratteristiche meccaniche sono:

- Tensione caratteristica di snervamento:  $f_{yk} = 450 \text{ Nmm}^2$
- Resistenza di calcolo dell'acciaio:  $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$  dove
- $\gamma_s = 1.15 = 391 \text{ Nmm}^2$
- Allungamento  $D1 > 12\%$
- Modulo di elasticità:  $E_s = 206000 \text{ Nmm}^2$
- Sovrapposizioni barre  $\geq 40\phi$

### 3.5. INQUADRAMENTO GEOTECNICO

Per l'inquadrimento geotecnico si fa riferimento alla relazione geotecnica, della quale si riportano gli stralci significativi del profilo geotecnico e dei parametri geotecnici del terreno di fondazione, del rinterro e del rinfianco.

Lo strato significativo del profilo geotecnico è l'unità **7) U1**  
 la cui descrizione nella relazione geotecnica è: Depositi alluvionali recenti

Peso specifico terreno	$\gamma_t$ rif.geotec.	kN/m <sup>3</sup>
angolo d'attrito terreno	$\phi$ rif.geotec.	[°]
coesione terreno	c rif.geotec.	kN/m <sup>2</sup>

I parametri geotecnici del rinterro e del terreno di rinfianco sono i seguenti:

Peso specifico rinterro	$\gamma_t$	19,0 kN/m <sup>3</sup>	
angolo di attrito rinterro	$\phi'$	38,0 [°]	0,663 [rad]
coesione rinterro	c	0,0 kN/m <sup>2</sup>	
Peso specifico terreno di rinfianco	$\gamma_t$	19,0 kN/m <sup>3</sup>	
angolo di attrito terreno di rinfianco	$\phi'$	38,0 [°]	0,663 [rad]
coesione terreno di rinfianco	c	0,0 kN/m <sup>2</sup>	

### Interazione terreno - struttura

Per la determinazione della costante di sottofondo si può fare riferimento alle seguenti formulazioni assimilando il comportamento del terreno a quello di un mezzo elastico omogeneo:

$$s = B \cdot ct \cdot (q - \sigma_{v0}) \cdot (1 - \nu^2) / E$$

dove:

- s = cedimento elastico totale;
- B = lato minore della fondazione;
- ct = coefficiente adimensionale di forma ottenuto dalla interpolazione dei valori dei coefficienti proposti dal Bowles, 1960 (L = lato maggiore della fondazione):

$$ct = 0.853 + 0.534 \ln(L / B) \text{ rettangolare con } L / B \leq 10$$

$$ct = 2 + 0.0089 (L / B) \text{ rettangolare con } L / B > 10$$

- q = pressione media agente sul terreno;
- $\sigma_{v0}$  = tensione litostatica verticale alla quota di posa della fondazione;
- $\nu$  = coefficiente di Poisson del terreno;
- E = modulo elastico medio del terreno sottostante.

Il valore della costante di sottofondo kw è valutato attraverso il rapporto tra il carico applicato ed il corrispondente cedimento pertanto, si ottiene:

$$kw = E / [(1 - \nu^2) \cdot B \cdot ct]$$

Di seguito si riportano in forma tabellare i risultati delle valutazioni effettuate per il caso in esame, avendo considerato per E un valore medio di quello indicato per l'Unità Geotecnica in esame ed una dimensione longitudinale della fondazione ritenuta potenzialmente collaborante nella diffusione dei carichi:

Unità stratigrafica	7) U1	
Descrizione unità stratigrafica	Depositi alluvionali recenti	
Modulo elastico medio terreno	E	15000 kN/m <sup>2</sup>
Coefficiente di Poisson medio terreno	$\nu$	0,3
Lato minore della fondazione	B	1,0 m
Lato maggiore della fondazione	L	6,2 m
Rapporto dei lati	L/B	1,0
Coefficiente adimensionale	ct	6,200
Costante di sottofondo	Kw	9021 kN/m <sup>3</sup>

### 3.6. MODELLO DI CALCOLO

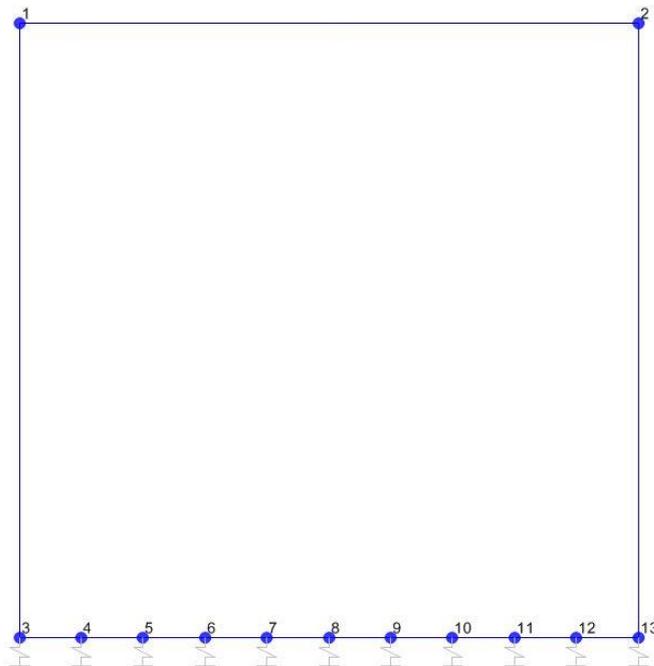
Il modello di calcolo attraverso il quale viene schematizzata la struttura è quello di telaio chiuso su letto di molle alla Winkler. Il programma di calcolo utilizzato è un programma ad elementi finiti, il Sap 2000.

Le caratteristiche delle aste modellate con elementi frame sono le seguenti:

asta	base	altezza	descrizione
Asta 1	100 cm	70 cm	(soletta inferiore)
Aste 2, 4	100 cm	60 cm	(Piedritti)
Asta 3	100 cm	60 cm	(soletta superiore)

Le caratteristiche geometriche del modello e le coordinate dei nodi sono le seguenti:

Linterasse	5,60 m
Hinterasse	2,85 m
N.nodi	13
N.nodi sup	2
N.nodi inf	11
N.spazi inf	10



Nodo	X	Z
1	0,000	2,850
2	5,600	2,850
3	0,000	0,000
4	0,560	0,000
5	1,120	0,000
6	1,680	0,000
7	2,240	0,000
8	2,800	0,000
9	3,360	0,000
10	3,920	0,000
11	4,480	0,000
12	5,040	0,000
13	5,600	0,000

Figura 3. Numerazione nodi modello SAP

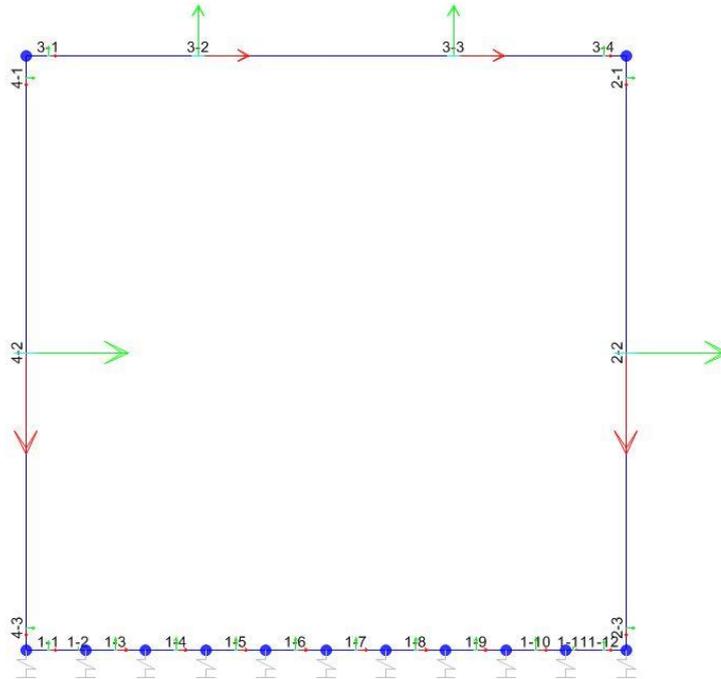


Figura 4: Individuazione elementi modello SAP

L'opera è stata considerata vincolata alla base mediante dei vincoli cedevoli in funzione delle caratteristiche elastiche del terreno di sottofondo.

La soletta inferiore viene divisa in 10 elementi per poter schematizzare, tramite le molle applicate, l'interazione terreno-struttura. Per la rigidezza delle molle, nel il caso in esame, si assume il valore del Modulo di reazione verticale desunto dai parametri della relazione geotecnica:

**Rigidezza molle nodali SAP**

ks		<b>9021</b> kN/m <sup>3</sup>
nodi centrali (6,7,8,9,10)		
Linfl		0,560 m
Kcentrale	ks x Linfl x 1	<b>5052</b> kN/m
nodi intermedi (4,5,11,12)		
Linfl		0,560 m
Kintermedio	1,5 x ks x Linfl x 1	<b>7577</b> kN/m
nodi estremità (3,13)		
Linfl		0,580 m
Kestremità	2,0 x ks x Linfl x 1	<b>10464</b> kN/m

### 3.7. ANALISI DEI CARICHI

Si riportano di seguito i carichi utilizzati per il calcolo delle sollecitazioni e le verifiche delle sezioni della struttura in esame.

#### Peso proprio della struttura (condizione DEAD)

Il peso proprio delle solette e dei piedritti viene calcolato automaticamente dal programma di calcolo utilizzato considerando per il calcestruzzo  $\gamma = 25 \text{ kN/m}^3$ .

Peso specifico calcestruzzo armato	$\gamma_{ds}$	25 kN/m <sup>3</sup>	
peso singolo piedritto	$P_p$	15,00 kN/m	$\gamma_{cls} \times S_p$
peso soletta superiore	$P_{ss}$	15,00 kN/m	$\gamma_{cls} \times S_s$
peso fondazione	$P_{sf}$	17,50 kN/m	$\gamma_{cls} \times S_f$

#### Permanenti portati (condizione PERM)

peso specifico ballast	$\gamma_b$	18 kN/m <sup>3</sup>	
altezza ballast	$H_b$	0,80 m	
peso ballast	$P_b$	14,40 kN/m	$\gamma_b \times H_b$
peso specifico rinterro	$\gamma_r$	19 kN/m <sup>3</sup>	
altezza rinterro	$H_r$	2,00 m	
peso rinterro	$P_r$	38,00 kN/m	$\gamma_r \times H_r$
Permanente totale	$G_{2p}$	52,40 kN/m	$P_b + P_r$
Permanente nodi 1 e 2	$G_{2P}$	15,72 kN	$G_{2p} \times S_p / 2$

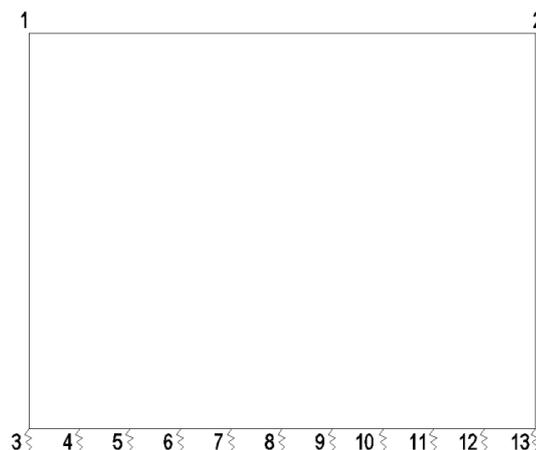


Figura 5. Numerazione dei nodi nel modello strutturale.

**Spinta del terreno (condizioni SPTSX e SPTDX)**

angolo di attrito rinterro	$\varnothing'$	<b>38</b> [°]	0,663 [rad]
coefficiente spinta attiva $k_a$	$k_a$	0,238	$(1 - \text{sen}\varnothing) / (1 + \text{sen}\varnothing)$
coefficiente spinta riposo $k_o$	$k_o$	<b>0,384</b>	$(1 - \text{sen}\varnothing)$
coefficiente spinta passiva $k_p$	$k_p$	4,204	$(1 + \text{sen}\varnothing) / (1 - \text{sen}\varnothing)$
Pressione estradosso soletta superiore	$P_1$	<b>20,14</b> kN/m <sup>2</sup>	$k_o \times (P_b + P_r)$
Pressione asse soletta superiore	$P_2$	<b>22,33</b> kN/m <sup>2</sup>	$k_o \times (P_b + P_r + \gamma r \times S_s / 2)$
Pressione asse soletta inferiore	$P_3$	<b>43,14</b> kN/m <sup>2</sup>	$k_o \times [P_b + P_r + \gamma r \times (S_s + H_{int} + S_f / 2)]$
Pressione intradosso soletta inferiore	$P_4$	<b>44,97</b> kN/m <sup>2</sup>	$k_o \times (P_b + P_r + \gamma r \times H_{tot})$
Forza concentrata asse soletta superiore	$F_1$	<b>6,37</b> kN/m	$(P_1 + P_2) / 2 \times S_s / 2$
Forza concentrata asse soletta inferiore	$F_2$	<b>15,42</b> kN/m	$(P_3 + P_4) / 2 \times S_f / 2$

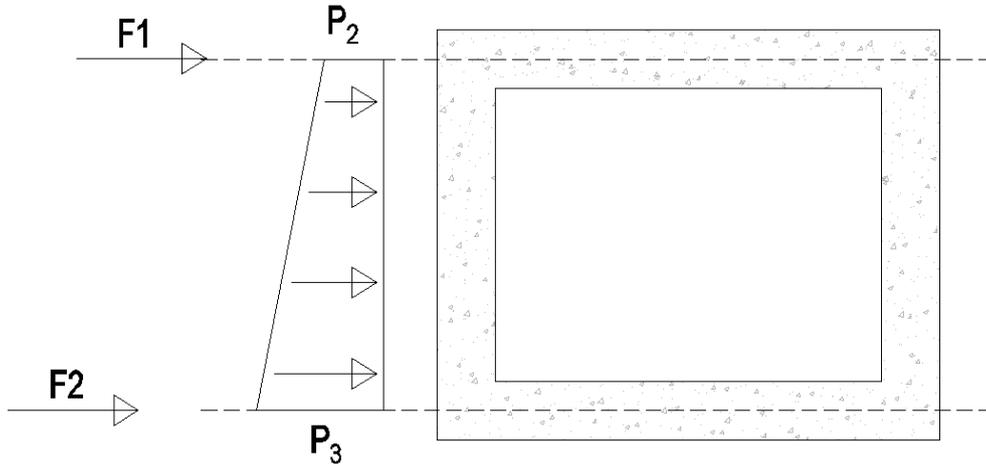


Figura 6. Spinte del terreno

I carichi concentrati nei nodi 1 e 3 (per la SPTSX) oppure 2 e 13 (per la SPTDX) rappresentano la parte di spinta del terreno esercitata su 1/2 spessore della soletta sup. e su 1/2 spessore della soletta inferiore.

**Carichi accidentali, ripartizione carichi verticali (condizione ACCM)**

In funzione delle caratteristiche geometriche dell'opera risulta più sfavorevole il carico dovuto al treno LM 71 rispetto al carico dovuto al treno SW/2.

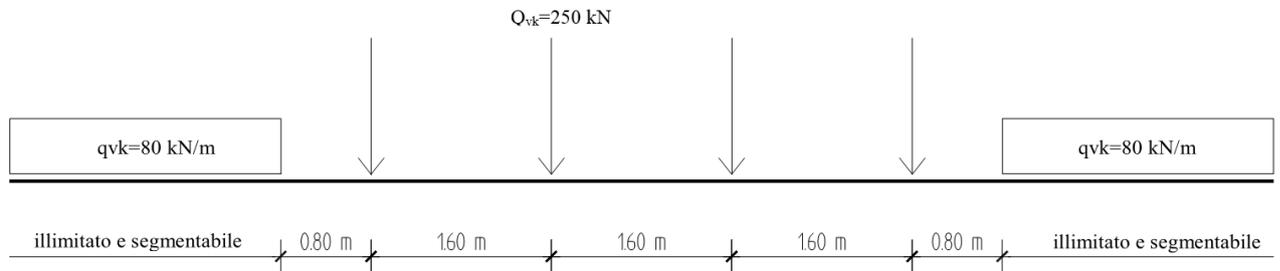


Figura 7. Treno LM71

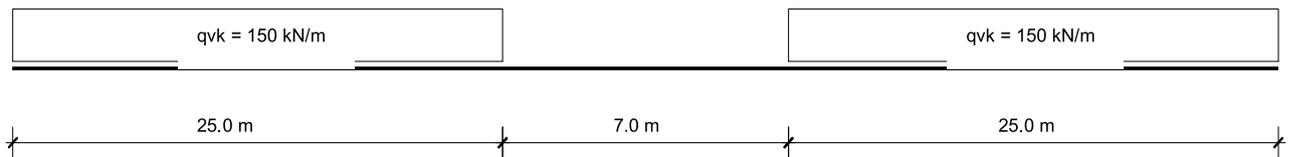


Figura 8. Treno SW/2

Per il calcolo del coefficiente dinamico  $\Phi$  si fa riferimento al paragrafo 1.4.2 “effetti dinamici” delle istruzioni per la progettazione e l'esecuzione dei ponti ferroviari.

poiché risulta:

$H_{int} < 5 \text{ m}$

$L_{int} < 8 \text{ m}$

Si ottiene considerando un ridotto standar manutentivo  $\Phi_3 = 1.35$ . In accordo al §5.2.2.2.3 NTC18 tale coefficiente dinamico nei casi di scatolari, con o senza solettone, aventi copertura  $h > 1,0$  può essere ridotto nella seguente maniera:

$$\Phi_{rid} = \Phi - \frac{h - 1,00}{10} \geq 1,0$$

dove  $h$ , in metri, è l'altezza della copertura dall'estradosso della struttura alla faccia superiore delle traverse [Hric]. Per le strutture dotate di una copertura maggiore di 2,50 m può assumersi un coefficiente di incremento dinamico unitario.

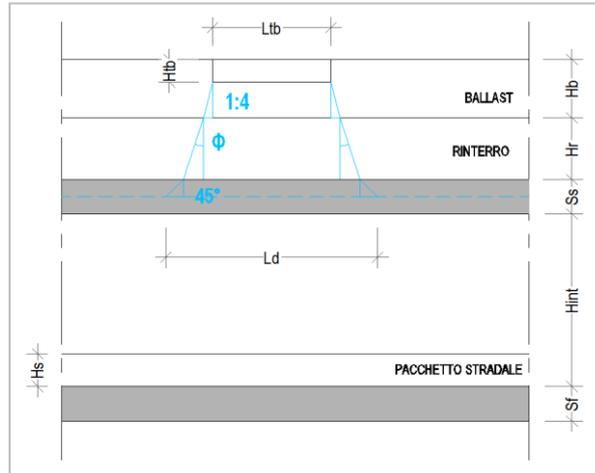


Figura 9. Schema modalità di diffusione dei carichi ferroviari

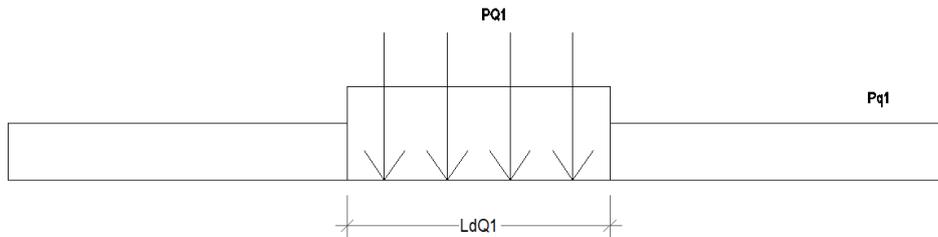


Figura 10. Carichi Treno LM71 su Ld

Sia per il calcolo delle sollecitazioni massime in mezzeria della soletta superiore che per quelle massime all'incastro con i piedritti di detta soletta, il carico dovuto al treno LM71 viene distribuito per tutta la larghezza  $LdQ1$  del treno di carico.

#### Carichi accidentali, ripartizione carichi verticali (condizione ACCM)

Incremento dinamico	$\Phi 3^*$	<b>1,35</b>	<i>* valido per <math>Hint &lt; 5m, Lint &lt; 8m</math></i>
Incremento dinamico con ricoprimento	$\Phi 3$	<b>1,00</b>	<i><math>\Phi 3 = 1</math> per <math>Hric &gt; 2,5m</math></i>
Lunghezza caratteristica	$L\phi$	<b>5,00</b> m	<i>tab. 5.2.II - NTC2018</i>
Coefficiente di adattamento	$\alpha$	<b>1,10</b>	
Larghezza di diffusione nel ballast	Ldb	0,20 m	<i>Diffusione 1:4 nel ballast</i>
Larghezza di diffusione nel rinterro	Ldr	3,13 m	<i>Diffusione secondo angolo attrito</i>
Larghezza di diffusione nel cls	Ldc	0,60 m	<i>Diffusione 45° nel cls</i>
Larghezza trasv. di diffusione del carico	Ld	<b>6,33</b> m	<i><math>Ldb + Ldr + Ldc</math></i>
Carico distribuito per treno LM71	q1	<b>80,00</b> kN/m	
Carico concentrato per treno LM71	Q1	<b>250,00</b> kN	
N°. carichi concentrati per treno LM71	NQ1	<b>4</b>	
Larghezza applicazione carichi conc. Q1	LaQ1	<b>6,40</b> m	
Larghezza distribuzione carichi conc. Q1	LdQ1	<b>6,40</b> m	
Carico ripartito verticale per LM71 (q1)	Pq1	<b>13,91</b> kN/m <sup>2</sup>	<i><math>q1 \times \Phi 3 \times \alpha / Ld</math></i>
Carico ripartito verticale per LM71 (Q1)	PQ1	<b>27,17</b> kN/m <sup>2</sup>	<i><math>Q1 \times NQ1 \times \Phi 3 \times \alpha / (Ld \times LdQ1)</math></i>

### Spinta sui piedritti prodotta dal sovraccarico (condizioni SPACCSX e SPACCDX)

Carico distribuito per treno LM71	Sq1	<b>5,35</b> kN/m <sup>2</sup>	$(q1 \times \alpha / Ld) \times Ko$
Carico concentrato per treno LM71	SQ1	<b>10,44</b> kN/m <sup>2</sup>	$Q1 \times NQ1 \times \alpha / (Ld \times LdQ1) \times Ko$
Spinta semispessore soletta superiore	Fq1sup	<b>3,13</b> kN/m	$SPQ1 \times SPs / 2$
spinta semispessore soletta inferiore	Fq1inf	<b>3,66</b> kN/m	$SPQ1 \times SPi / 2$

### Frenatura e avviamento (condizione AVV)

Avviamento e frenatura LM71	Av	<b>33,00</b> kN/m	
Avviamento e frenatura LM71 distribuiti	qAv	<b>5,22</b> kN/m	$Av / Ld$

### Azioni termiche (condizione TERM)

Alla soletta superiore si applica una variazione termica uniforme pari a  $\Delta t = \pm 15^\circ\text{C}$  ed una variazione nello spessore tra estradosso ed intradosso pari a  $\Delta t = \pm 5^\circ\text{C}$ .

Variazione termica uniforme	$\Delta T_{unif}$	<b>+15,00</b> [°]	<i>Sulla soletta superiore</i>
Variazione termica differenziale	$\Delta T_{diff}$	<b>+5,00</b> [°]	<i>Sulla soletta superiore</i>
	Gradiente	<b>+8,33</b> [°/m]	$\Delta T_{diff} / Ss$

### Ritiro igrometrico (condizione RITIRO)

Gli effetti del ritiro vanno valutati a “lungo termine” attraverso il calcolo dei coefficienti di ritiro finale  $\epsilon_{cs}(t, t_0)$  e di viscosità  $\phi(t, t_0)$ , come definiti nell'EUROCODICE 2- UNI EN 1992-1-1 Novembre 2005 e D. M. 17-01-2018.

I fenomeni di ritiro vengono considerati agenti solo sulla soletta di copertura ed applicati nel modello come una

Variazione termica uniforme equivalente	$\Delta T_{ritiro}$	<b>-[11,96°]</b>	<i>Sulla soletta superiore</i>
---	---------------------	------------------	--------------------------------

### CONDIZIONI DI CARICO SISMICHE

Per il calcolo dell'azione sismica si utilizza il metodo dell' analisi pseudostatica in cui l'azione sismica è rappresentata da una forza statica equivalente pari al prodotto delle forze di gravità per un opportuno coefficiente sismico k. Le forze sismiche sono pertanto le seguenti:

Forza sismica orizzontale  $F_h = k_h \cdot W$

Forza sismica verticale  $F_v = k_v \cdot W$

I valori dei coefficienti sismici orizzontale  $k_h$  e verticale  $k_v$

$k_h = a_{max} / g$

$k_v = \pm 0,5 \times k_h$

Con riferimento alla nuova classificazione sismica del territorio nazionale, ai fini del calcolo dell'azione sismica secondo il DM 17/01/2018 viene assegnata all'opera una vita nominale  $V_N$  ed una classe d'uso  $C_U$ ; segue un periodo di riferimento  $V_R = V_N \cdot C_U$ .

A seguito di tale assunzione si ottiene allo stato limite ultimo SLV in funzione della Latitudine e Longitudine del sito in esame un valore dell'accelerazione pari ad  $a_g$ , il cui valore è di seguito riportato, come desunto anche dalla relazione geotecnica.

In assenza di analisi specifiche della risposta sismica locale, l'accelerazione massima per la determinazione delle forze di inerzia può essere valutata con la relazione:

$a_{max} = S \cdot a_g = S_s \cdot S_t \cdot a_g$

*Le forze di inerzia sullo **scatolare** (masse di peso proprio soletta superiore e piedritti, rinterro e ballast, 20% treno di carico,..) sono pari alle masse moltiplicate per  $k_h$  e  $k_v$  ove:  $k_h = \beta_M \cdot S \cdot a_g / g$  e  $k_v = k_h / 2$ . Essendo lo scatolare non libero di subire spostamenti relativi rispetto al terreno,  $\beta_M = 1$ .*

vita nominale	$V_N$	75 anni
classe d'uso	CL	III
coefficiente d'uso	$C_U$	1,50
vita di riferimento = $C_U \cdot V_N$	$V_R$	112,5 anni
probabilità di superamento nel periodo di riferimento	$P_{VR}$	10%
periodo di ritorno del sisma	$T_R$	1068 anni

### Spettro di risposta in accelerazione della componente orizzontale

Per la valutazione dei parametri sismici di progetto il tratto in oggetto è stato suddiviso in tre "macro-zone" sismiche con i relativi parametri di calcolo ( $a_g$ ,  $F_0$ ,  $T^*C$ )

Zona di riferimento

**ZONA 2**

Coordinate del sito in oggetto:

Latitudine

37,46472

Longitudine

15,04779

### Parametri sismici di progetto

accelerazione massima orizzontale al bedrock	ago	0,321 g
fattore amplificazione massima spettro accelerazione	Fo	2,358 sec
periodo inizio tratto a velocità costante spettro acc. orizz.	T*c	0,455
categoria sottosuolo		C
categoria topografica		T1
amplificazione topografica	S <sub>T</sub>	1,000
smorzamento viscoso convenzionale	ξ	5%
fattore di correzione per ξ <> 5%	η	1,000

Tab.3.2.V	S <sub>S</sub>	C <sub>C</sub>	S <sub>S</sub>	C <sub>C</sub>
A	1,00	1,00	1,25	1,36
B	1,10	1,29		
C	1,25	1,36		
D	1,26	1,85		
E	1,17	1,58		

coefficiente amplificazione stratigrafica	S <sub>S</sub>	1,246
coefficiente di amplificazione	S	1,246
coefficiente categoria sottosuolo	C <sub>C</sub>	1,362
periodo inizio tratto a accelerazione costante = T <sub>c</sub> / 3	T <sub>B</sub>	0,207 sec
periodo inizio tratto a velocità costante = C <sub>c</sub> * T*c	T <sub>C</sub>	0,620 sec
periodo inizio tratto a spostamento costante = 4 * ag/g + 1,6	T <sub>D</sub>	2,884 sec
accelerazione massima orizzontale al suolo = S <sub>s</sub> x S <sub>t</sub> x ag/g	ago,max	0,400 g

### Accelerazioni per il calcolo delle forze di inerzia agenti sullo scatolare

Coefficiente di riduzione dell'acc max attesa al sito	β	1,000
ao = kh = ago,max = S x ag/g	ao = kh	0,3999 g
av = kv = kh / 2	av = kv	0,2000 g

*valore PGA x scatolare*

### Forze di inerzia (condizione SismaH)

Forza di inerzia treno di carico - (%)	%	20%
Forza orizzontale sulla soletta di copertura	F <sup>h</sup>	29,13 kN/m (P <sub>ss</sub> +P <sub>b</sub> +P <sub>r</sub> +%P <sub>Q1</sub> ) x kb
Forza orizzontale su singolo piedritto	F <sup>h</sup>	6,00 kN/m <sup>2</sup> P <sub>p</sub> x kb

### Forze di inerzia (condizione SismaV)

Forza di inerzia treno di carico - (%)	%	20%
Forza verticale sulla soletta di copertura	F <sup>v</sup>	14,56 kN/m <sup>2</sup> (P <sub>ss</sub> +P <sub>b</sub> +P <sub>r</sub> +%P <sub>Q1</sub> ) x kv

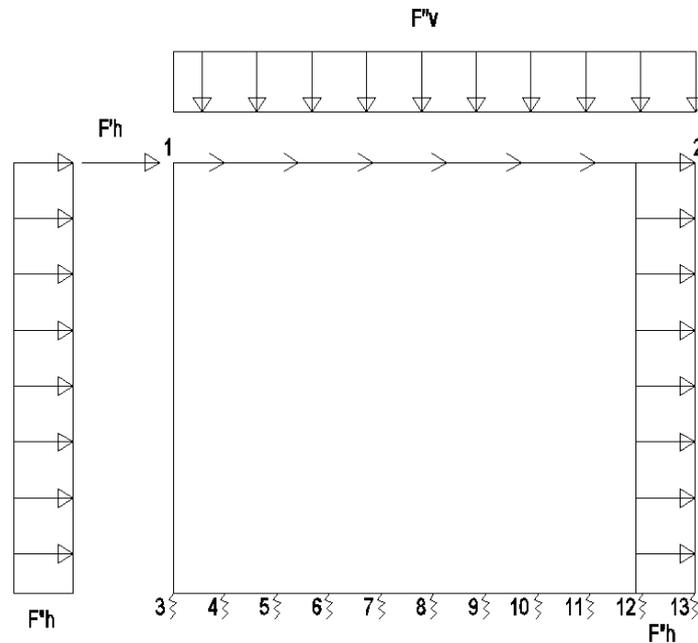


Figura 11. Forze sismiche agenti sulla struttura

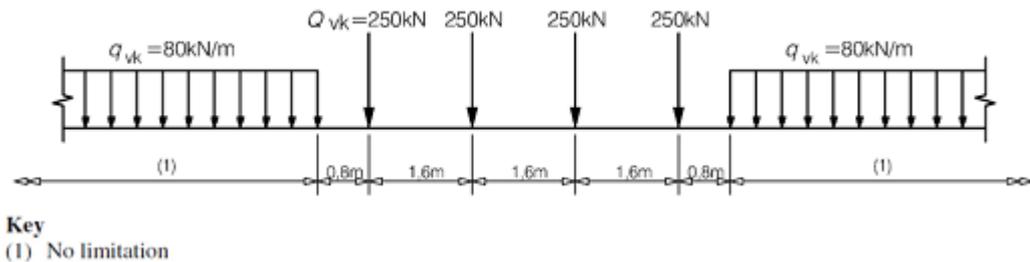
**Spinta sismica terreno - Teoria di WOOD (condizioni SPSSDX e SPSSX)**

Forza distribuita su uno solo dei piedritti	$qW$	<b>48,96</b> kN/m <sup>2</sup>	$(\%PQ1+G2p+\gamma r \times Htot) \times (ago,max)$
Forza concentrata nodo superiore piedritto	$QWsup$	<b>14,69</b> kN	$qW \times Ss / 2$
Forza concentrata nodo inferiore piedritto	$QWinf$	<b>17,14</b> kN	$qW \times Sf / 2$

### 3.8. VERIFICA REQUISITI S.T.I.

Di seguito si effettua la valutazione del carico equivalente previsto dalle Specifiche Tecniche di Interoperabilita con cui si da evidenza che l'opera in esame è idonea a sostenere tale carico.

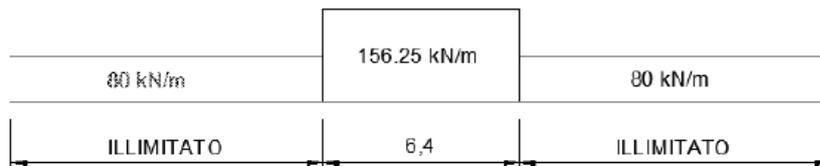
Il modello di carico LM71 citato dalle S.T.I. è definito nella norma EN 1991-2:2003/AC:2010.



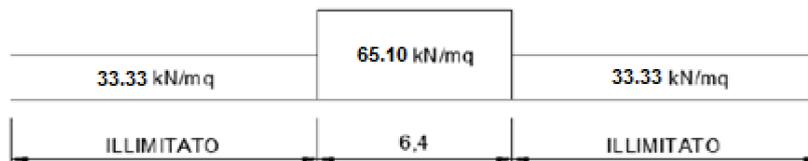
Il carico equivalente si ricava dalla ripartizione trasversale e longitudinale dei carichi per effetto delle traverse e del ballast previsti dalla stessa norma EN 1991-2:2003/AC:2010.

Considerando i 4 carichi assiali da 250 kN e la relativa distribuzione longitudinale, il carico verticale equivalente a metro lineare agente alla quota della piattaforma ferroviaria (convenzionalmente a 70 cm dal piano del ferro) risulta pari a:

$$p = \frac{4 \times 250}{4 \times 1.60} = 156.25 \text{ kPa}$$



Considerando che la distribuzione trasversale dei carichi è su una larghezza massima di 3 m secondo quanto previsto da EN 1991 – 2:2003/AC:2010, si utilizza una larghezza di progetto pari a 2,40 m in quanto risulta cautelativo rispetto a quanto previsto dalla norma sopra citata. Si ricava, quindi, il carico equivalente unitario agente alla quota della piattaforma ferroviaria:



A tali carichi si deve applicare il coefficiente  $\alpha$  relativo alle categorie S.T.I. come indicato nella tabella 11 di seguito

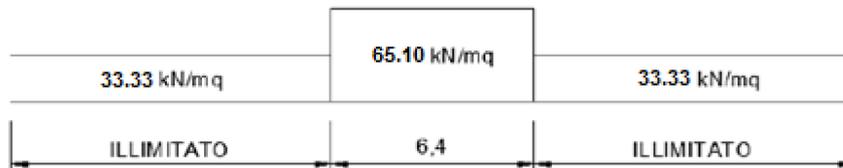
riportata:

*Tabella 11*

**Fattore alfa (α) per la progettazione di strutture nuove**

Tipo di traffico	Valore minimo del fattore alfa (α)
P1, P2, P3, P4	1,0
P5	0,91
P6	0,83
P1520	Punto in sospenso
P1600	1,1
F1, F2, F3	1,0
F4	0,91
F1520	Punto in sospenso
F1600	1,1

Nel caso in esame, il coefficiente  $\alpha$  è pari ad 1.0 perché le categorie di traffico sono P4 per il traffico passeggeri ed F2 per il traffico merci per cui alle opere si applicano i seguenti carichi equivalenti:



In conclusione nell'opera in oggetto la ripartizione del carico a quota del piano di regolamento è stata effettuata considerando una distribuzione in senso trasversale secondo una pendenza di 1 a 4 all'interno del ballast per cui risulta:

$$Ld = 2.4 + 0.40 / 4 * 2 = 2.60 \text{ m}$$

anziché:

$$Ld = 3.0 + 0.40 / 4 * 2 = 3.20 \text{ m}$$

come previsto dalla EN 1991 – 2:2003/AC:2010 che risulterebbe meno gravoso.

Longitudinalmente invece i carichi assiali sono stati distribuiti uniformemente su 6.4 m.

A tali carichi è stato applicato un coefficiente  $\alpha$  pari a 1.1 come indicato nel manuale di progettazione per cui in definitiva il carico considerato a quota della piattaforma ferroviaria è pari a:

- $q_1 = 4 * 250 / 6.4 / 2.60 = 60.10 \text{ kN/m}^2$
- $q_2 = 80 / 2.60 = 30.77 \text{ kN/m}^2$

a vantaggio di sicurezza rispetto ai carichi calcolati con riferimento alle STI.

### 3.9. COMBINAZIONI DI CARICO

Gli effetti dei carichi verticali, dovuti alla presenza dei convogli, vengono sempre combinati con le altre azioni derivanti dal traffico ferroviario, adottando i coefficienti di cui alla Tabella 5.2.IV del DM 17/01/2018 di seguito riportata. In particolare, per ogni gruppo viene individuata una azione dominante che verrà considerata per intero; per le altre azioni, vengono definiti diversi coefficienti di combinazione. Ogni gruppo massimizza una particolare condizione alla quale la struttura dovrà essere verificata.

**Tab. 5.2.III - Carichi mobili in funzione del numero di binari presenti sul ponte**

Numero di binari	Binari Carichi	Traffico normale		Traffico pesante <sup>(2)</sup>
		caso a <sup>(1)</sup>	caso b <sup>(1)</sup>	
1	Primo	1,0 (LM 71''+''SW/0)	-	1,0 SW/2
	Primo	1,0 (LM 71''+''SW/0)	-	1,0 SW/2
2	secondo	1,0 (LM 71''+''SW/0)	-	1,0 (LM 71''+''SW/0)
	Primo	1,0 (LM 71''+''SW/0)	0,75 (LM 71''+''SW/0)	1,0 SW/2
≥3	secondo	1,0 (LM 71''+''SW/0)	0,75 (LM 71''+''SW/0)	1,0 (LM 71''+''SW/0)
	Altri	-	0,75 (LM 71''+''SW/0)	-

<sup>(1)</sup> LM71 ''+'' SW/0 significa considerare il più sfavorevole fra i treni LM 71, SW/0

<sup>(2)</sup> Salvo i casi in cui sia esplicitamente escluso

**Tab. 5.2.IV - Valutazione dei carichi da traffico**

TIPO DI CARICO	Azioni verticali		Azioni orizzontali			Commenti
	Carico verticale (1)	Treno scarico	Frenatura e avviamento	Centrifuga	Serpeggio	
Gruppo 1 (2)	1,0	-	0,5 (0,0)	1,0 (0,0)	1,0 (0,0)	massima azione verticale e laterale
Gruppo 2 (2)	-	1,0	0,0	1,0 (0,0)	1,0 (0,0)	stabilità laterale
Gruppo 3 (2)	1,0 (0,5)	-	1,0	0,5 (0,0)	0,5 (0,0)	massima azione longitudinale
Gruppo 4	0,8 (0,6;0,4)	-	0,8 (0,6;0,4)	0,8 (0,6;0,4)	0,8 (0,6;0,4)	Fessurazione

(1) Includendo tutti i valori (F; a; etc..)

(2) La simultaneità di due o tre valori caratteristici interi (assunzione di diversi coefficienti pari ad 1.0), sebbene improbabile, è stata considerata come semplificazione per i gruppi di carico 1,2 e 3 senza che ciò abbia significative conseguenze progettuali

I valori campiti in grigio rappresentano l'azione dominante.

Nelle tabelle sopra riportate è indicato un coefficiente per gli effetti a sfavore di sicurezza e, tra parentesi, un coefficiente, minore del precedente, per gli effetti a favore di sicurezza.

In fase di combinazione, ai fini delle verifiche degli SLU e SLE per la verifica delle tensioni, si sono considerati i soli Gruppo 1 e 3, mentre per la verifica a fessurazione è stato utilizzato il Gruppo 4. Nella tabella 5.2.III vengono riportati i carichi da utilizzare in caso di impalcato con due, tre o più binari caricati.

I Gruppi definiscono le azioni che nelle diverse combinazioni sono generalmente definite come  $Q_{ki}$ .

I coefficienti di amplificazione dei carichi  $g$  e i coefficienti di combinazione  $\gamma$  sono riportati nelle tabelle seguenti.

In particolare nel calcolo della struttura scatolare si fa riferimento alla combinazione A1 STR.

Tab. 5.2.V - Coefficienti parziali di sicurezza per le combinazioni di carico agli SLU

Coefficiente			EQU <sup>(1)</sup>	A1	A2
Azioni permanenti	favorevoli	$\gamma_{G1}$	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,10	1,35	1,00
Azioni permanenti non strutturali <sup>(2)</sup>	favorevoli	$\gamma_{G2}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Ballast <sup>(3)</sup>	favorevoli	$\gamma_B$	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Azioni variabili da traffico <sup>(4)</sup>	favorevoli	$\gamma_Q$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,45	1,45	1,25
Azioni variabili	favorevoli	$\gamma_{Qi}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Precompressione	favorevole	$\gamma_P$	0,90	1,00	1,00
	sfavorevole		1,00 <sup>(5)</sup>	1,00 <sup>(6)</sup>	1,00
Ritiro, viscosità e cedimenti non imposti appositamente	favorevole	$\gamma_{Ced}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevole		1,20	1,20	1,00

<sup>(1)</sup> Equilibrio che non coinvolga i parametri di deformabilità e resistenza del terreno; altrimenti si applicano i valori della colonna A2.

<sup>(2)</sup> Nel caso in cui l'intensità dei carichi permanenti non strutturali, o di una parte di essi (ad esempio carichi permanenti portati), sia ben definita in fase di progetto, per detti carichi o per la parte di essi nota si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.

<sup>(3)</sup> Quando si prevedano variazioni significative del carico dovuto al ballast, se ne dovrà tener conto esplicitamente nelle verifiche.

<sup>(4)</sup> Le componenti delle azioni da traffico sono introdotte in combinazione considerando uno dei gruppi di carico  $g$  della Tab. 5.2.IV.

<sup>(5)</sup> 1,30 per instabilità in strutture con precompressione esterna

<sup>(6)</sup> 1,20 per effetti locali

Tab. 5.2.VI - Coefficienti di combinazione  $\Psi$  delle azioni

Azioni		$\Psi_0$	$\Psi_1$	$\Psi_2$
Azioni singole	Carico sul rilevato a tergo delle spalle	0,80	0,50	0,0
da traffico	Azioni aerodinamiche generate dal transito dei convogli	0,80	0,50	0,0
	$g_{f1}$	0,80 <sup>(1)</sup>	0,80 <sup>(1)</sup>	0,0
Gruppi di	$g_{f2}$	0,80 <sup>(2)</sup>	0,80 <sup>(1)</sup>	-
carico	$g_{f3}$	0,80 <sup>(2)</sup>	0,80 <sup>(1)</sup>	0,0
	$g_{f4}$	1,00	1,00 <sup>(1)</sup>	0,0
Azioni del vento	$F_{Wk}$	0,60	0,50	0,0
Azioni da neve	in fase di esecuzione SLU e SLE	0,0	0,0	0,0
Azioni termiche	$T_k$	0,60	0,60	0,50

<sup>(1)</sup> 0,80 se è carico solo un binario, 0,60 se sono carichi due binari e 0,40 se sono carichi tre o più binari.

<sup>(2)</sup> Quando come azione di base venga assunta quella del vento, i coefficienti  $\Psi_0$  relativi ai gruppi di carico delle azioni da traffico vanno assunti pari a 0,0.

Le azioni descritte nel paragrafo precedente ed utilizzate nelle combinazioni di carico vengono di seguito riassunte:

Peso proprio	DEAD
Carichi permanenti	PERM
Spinta del terreno sulla parete sinistra	SPTSX
Spinta del terreno sulla parete destra	SPTDX
Carico Accidentale LM71	ACCM
Spinta del carico acc. (LM71) sulla parete Sx	SPACCSX
Spinta del carico acc. (LM71) sulla parete Dx	SPACCDX
Avviamento e frenatura	AVV
Variazione termica sulla soletta superiore	ENV_TER
Ritiro	RITIRO
Azione sismica orizzontale	Sisma H
Azione sismica Verticale	Sisma V
Incremento sismico della spinta sul terreno	SPSDX/SX

Le 4 condizioni di carico:

**D**Tuniforme =  $\pm 15^\circ$

**D**Tdifferenziale =  $\pm 5^\circ$

e le loro 4 combinazioni sono state preventivamente involuppate nella condizione ENV\_TERM, la quale viene impiegata nelle successive combinazioni di carico per massimizzare gli effetti termici.

Si riportano di seguito le combinazioni allo SLU di carico ritenute più significative in base all'esperienza.

Combinazione fondamentale

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \Psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \Psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$

Combinazioni di carico SLU (nonsismiche)													
	1slu	2slu	3slu	4slu	5slu	6slu	7slu	8slu	9slu	10slu	11slu	12slu	13slu
DEAD	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
PERM	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
SPTSX	1	1	1	1	1.35	1.35	1	1	1	1.35	1.35	1.35	1.35
SPTDX	1	1	1	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1	1	1	1
ACCM	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	0	1.45	0	1.45	1.45	1.16	1.16	1.015
SPACCSX	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.45	0	0	0
SPACCDX	1.45	0	0	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	0	1.16	1.16	1.015
AVV	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	0	1.45	0	0	0	0	0	1.45
ENV_TER	0	-0.9	0	0	0	0	-0.9	0	0.9	-0.9	-1.5	1.5	0.9
RITIRO	0	1.2	0	0	0	0	0	0	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2

Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E:

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots$$

dove:

$$E = \pm 1.00 \times E_Y \pm 0.30 \times E_Z \quad \text{oppure} \quad E = \pm 0.30 \times E_Y \pm 1.00 \times E_Z$$

Combinazioni di Carico Sismiche								
	sh1	sh2	sh3	sh4	sv1	sv2	sv3	sv4
DEAD	1	1	1	1	1	1	1	1
PERM	1	1	1	1	1	1	1	1
SPTSX	1	1	1	1	1	1	1	1
SPTDX	1	1	1	1	1	1	1	1
ACCM	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
SPACCSX	0	0	0	0	0	0	0	0
SPACCDX	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
AVV	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
ENV_TERM	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5
RITIRO	0	0	0	0	0	0	0	0
Sisma H	1	1	1	1	0.3	0.3	0.3	0.3
Sisma V	0.3	-0.3	0.3	-0.3	-1	1	-1	1
SPSDX	0	0	1	1	0	0	0.3	0.3
SPSSX	1	1	0	0	0.3	0.3	0	0

Le combinazioni sismiche vanno eseguite in entrambe le direzioni pertanto le combinazioni SH vanno ripetute per Sisma H = -1 e le combinazioni SV per Sisma V = -0.3.

Si riportano infine, le combinazioni di carico agli stati limite di esercizio SLE ritenute più significative.

Combinazione rara

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$

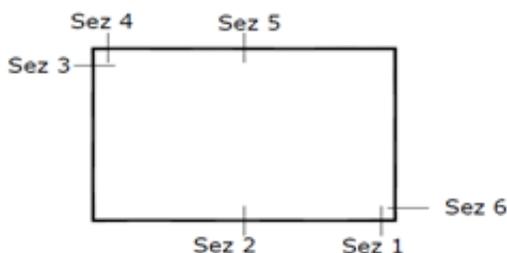
<b>Combinazioni di carico SLE</b>			
	<b>1sle</b>	<b>2sle</b>	<b>3sle</b>
DEAD	1	1	1
PERM	1	1	1
SPTSX	1	1	1
SPTDX	0.8	0.8	0.8
ACCM	0.8	0.8	0.8
SPACCSX	0.8	0.8	0
SPACCDX	0.8	0.8	0.8
AVV	-0.8	0.8	-0.8
ENV_TER	-0.6	0.6	-0.6
RITIRO	0	0	1

### 3.10. CARATTERISTICHE DELLE SOLLECITAZIONI

#### 3.10.1. *Inviluppo SLU*

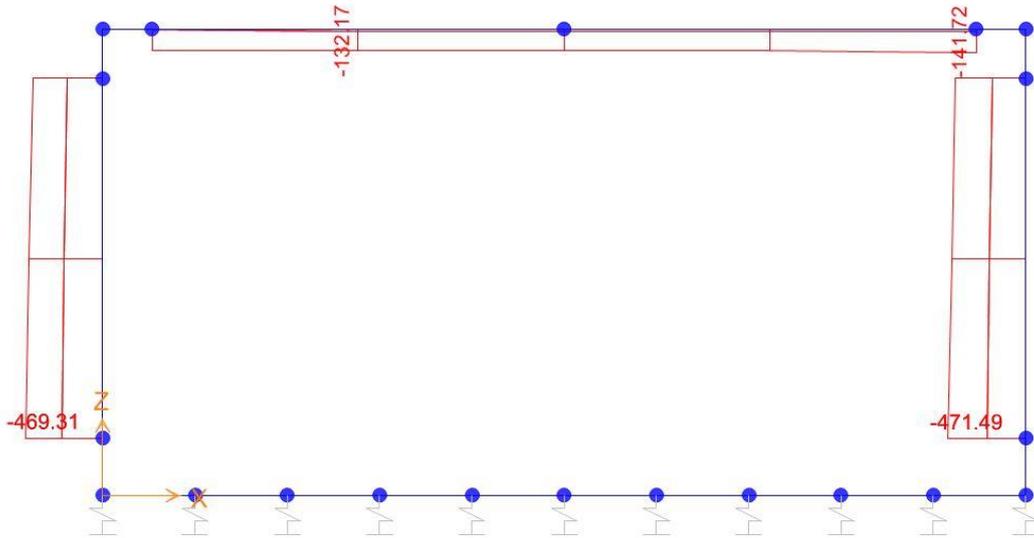
Frame	Station	OutputCase	CaseType	StepType	P	V2	M3
1	0,3	ENVELOPE SLU	Combination	Max	0,0	330,8	208,8
1	0,56	ENVELOPE SLU	Combination	Max	0,0	337,0	122,0
1	0,56	ENVELOPE SLU	Combination	Max	0,0	237,1	122,0
1	1,12	ENVELOPE SLU	Combination	Max	0,0	250,4	-13,2
1	1,12	ENVELOPE SLU	Combination	Max	0,0	149,9	-13,2
1	1,68	ENVELOPE SLU	Combination	Max	0,0	163,1	-87,5
1	1,68	ENVELOPE SLU	Combination	Max	0,0	95,6	-87,5
1	2,24	ENVELOPE SLU	Combination	Max	0,0	108,9	-129,1
1	2,24	ENVELOPE SLU	Combination	Max	0,0	40,7	-129,1
1	2,8	ENVELOPE SLU	Combination	Max	0,0	54,0	-126,1
1	2,8	ENVELOPE SLU	Combination	Max	0,0	-14,7	-126,1
1	3,36	ENVELOPE SLU	Combination	Max	0,0	-1,5	-107,3
1	3,36	ENVELOPE SLU	Combination	Max	0,0	-65,6	-107,3
1	3,92	ENVELOPE SLU	Combination	Max	0,0	-54,4	-73,3
1	3,92	ENVELOPE SLU	Combination	Max	0,0	-92,1	-73,3
1	4,48	ENVELOPE SLU	Combination	Max	0,0	-82,3	-8,0
1	4,48	ENVELOPE SLU	Combination	Max	0,0	-135,5	-8,0
1	5,04	ENVELOPE SLU	Combination	Max	0,0	-125,7	116,8
1	5,04	ENVELOPE SLU	Combination	Max	0,0	-178,1	116,8
1	5,3	ENVELOPE SLU	Combination	Max	0,0	-173,5	202,9
1	0,3	ENVELOPE SLU	Combination	Min	0,0	165,3	19,5
1	0,56	ENVELOPE SLU	Combination	Min	0,0	169,8	-35,5
1	0,56	ENVELOPE SLU	Combination	Min	0,0	103,7	-35,5
1	1,12	ENVELOPE SLU	Combination	Min	0,0	113,5	-162,8
1	1,12	ENVELOPE SLU	Combination	Min	0,0	50,0	-162,8
1	1,68	ENVELOPE SLU	Combination	Min	0,0	59,8	-238,6
1	1,68	ENVELOPE SLU	Combination	Min	0,0	19,2	-238,6
1	2,24	ENVELOPE SLU	Combination	Min	0,0	29,0	-283,2
1	2,24	ENVELOPE SLU	Combination	Min	0,0	-10,2	-283,2
1	2,8	ENVELOPE SLU	Combination	Min	0,0	-0,4	-297,1
1	2,8	ENVELOPE SLU	Combination	Min	0,0	-53,9	-297,1
1	3,36	ENVELOPE SLU	Combination	Min	0,0	-40,7	-280,4
1	3,36	ENVELOPE SLU	Combination	Min	0,0	-108,8	-280,4
1	3,92	ENVELOPE SLU	Combination	Min	0,0	-95,6	-232,9
1	3,92	ENVELOPE SLU	Combination	Min	0,0	-163,0	-232,9
1	4,48	ENVELOPE SLU	Combination	Min	0,0	-149,8	-154,3
1	4,48	ENVELOPE SLU	Combination	Min	0,0	-250,2	-154,3
1	5,04	ENVELOPE SLU	Combination	Min	0,0	-237,0	-29,8
1	5,04	ENVELOPE SLU	Combination	Min	0,0	-336,8	-29,8
1	5,3	ENVELOPE SLU	Combination	Min	0,0	-330,7	51,5

2	0,3 ENVELOPE SLU	Combination	Max	-200,9	8,3	-98,2
2	1,4 ENVELOPE SLU	Combination	Max	-217,4	53,1	-70,6
2	2,5 ENVELOPE SLU	Combination	Max	-233,9	106,6	-114,5
2	0,3 ENVELOPE SLU	Combination	Min	-427,0	-116,8	-295,6
2	1,4 ENVELOPE SLU	Combination	Min	-449,2	-66,8	-211,1
2	2,5 ENVELOPE SLU	Combination	Min	-471,5	-16,3	-261,1
3	0,3 ENVELOPE SLU	Combination	Max	-1,8	-176,5	-31,0
3	1,55 ENVELOPE SLU	Combination	Max	-11,3	-92,3	275,7
3	2,8 ENVELOPE SLU	Combination	Max	-12,3	10,2	378,7
3	4,05 ENVELOPE SLU	Combination	Max	-12,3	183,0	278,0
3	5,3 ENVELOPE SLU	Combination	Max	-12,3	355,8	-26,3
3	0,3 ENVELOPE SLU	Combination	Min	-132,2	-353,6	-231,9
3	1,55 ENVELOPE SLU	Combination	Min	-132,2	-180,8	62,5
3	2,8 ENVELOPE SLU	Combination	Min	-132,2	-8,0	125,2
3	4,05 ENVELOPE SLU	Combination	Min	-132,3	76,2	77,1
3	5,3 ENVELOPE SLU	Combination	Min	-141,7	160,4	-227,3
4	0,3 ENVELOPE SLU	Combination	Max	-217,0	114,1	300,3
4	1,4 ENVELOPE SLU	Combination	Max	-233,5	71,7	215,4
4	2,5 ENVELOPE SLU	Combination	Max	-250,0	28,3	262,7
4	0,3 ENVELOPE SLU	Combination	Min	-424,8	-13,9	135,1
4	1,4 ENVELOPE SLU	Combination	Min	-447,0	-48,1	82,6
4	2,5 ENVELOPE SLU	Combination	Min	-469,3	-115,7	64,3

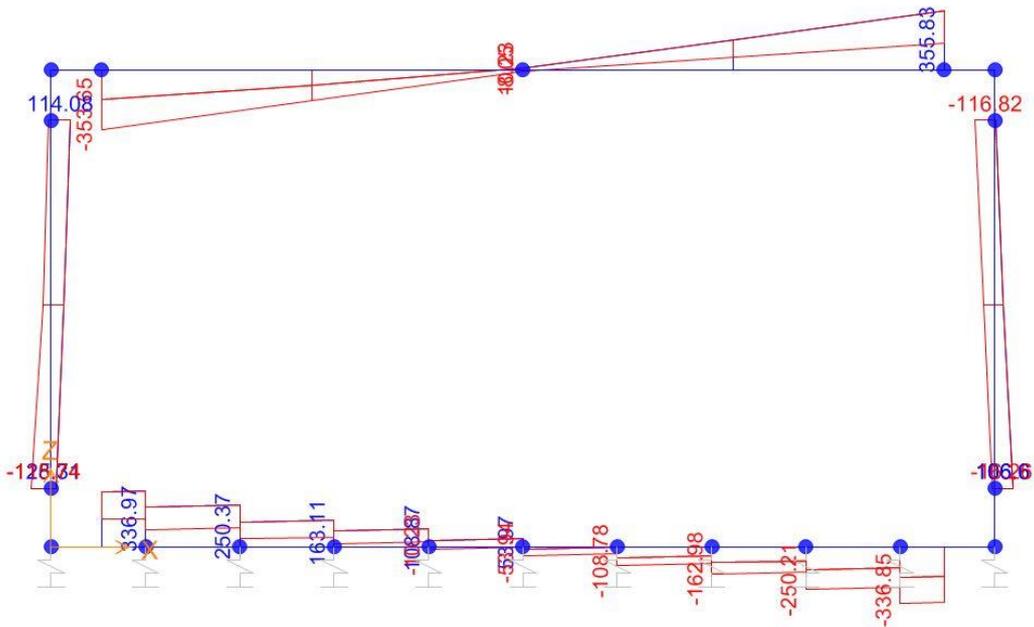


SEZIONE	P	V2	MB
01	0,0	337,0	208,8
02	0,0	0,0	297,1
03	-200,9	116,8	300,3
04	0,0	355,8	231,9
05	0,0	0,0	378,7
06	-233,9	116,8	262,7

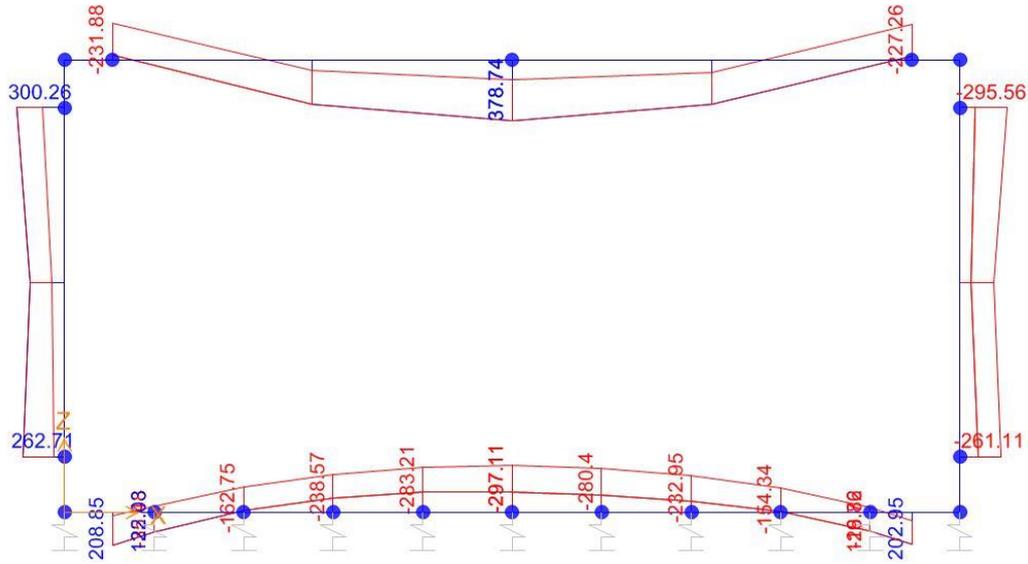
*Diagrammi di involuppo delle sollecitazioni: ENVELOPE SLU*



*Sforzo normale*



*Taglio*



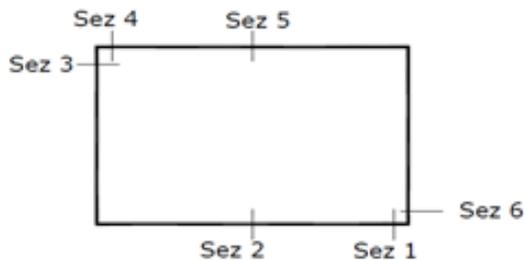
*Momento Flettente*

I valori V e M dei diagrammi corrispondono a quelli riportati nella tabella, mentre il valore dello sforzo normale P nei diagrammi (valore massimo) differisce da quello di verifica della tabella, pari a quello di compressione minimo.

3.10.2. *Inviluppo SLV*

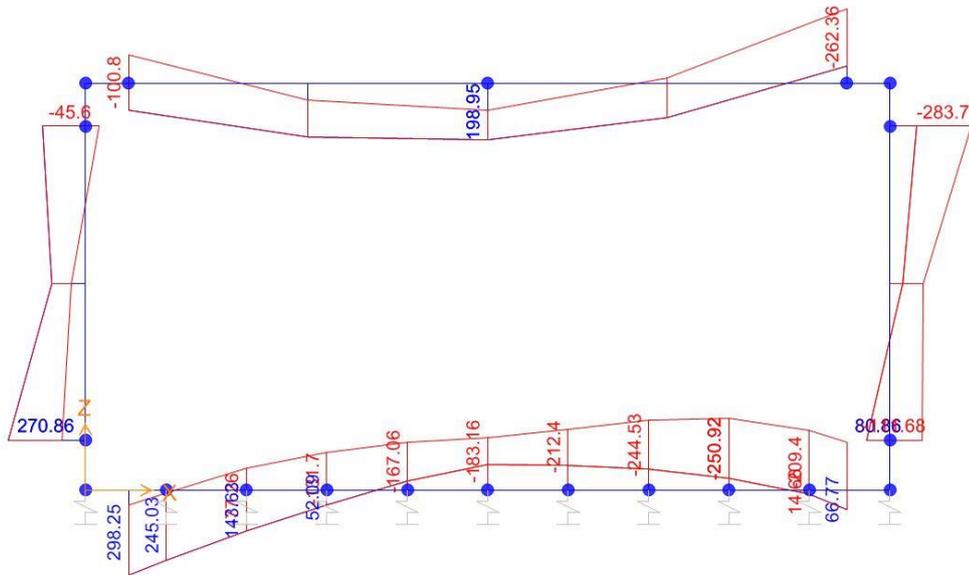
Frame	Station	OutputCase	CaseType	StepType	P	V2	M3
1	0,3	ENVELOPE SLV	Combination	Max	0,0	214,8	298,3
1	0,56	ENVELOPE SLV	Combination	Max	0,0	219,3	245,0
1	0,56	ENVELOPE SLV	Combination	Max	0,0	188,8	245,0
1	1,12	ENVELOPE SLV	Combination	Max	0,0	198,6	143,6
1	1,12	ENVELOPE SLV	Combination	Max	0,0	166,4	143,6
1	1,68	ENVELOPE SLV	Combination	Max	0,0	176,1	52,1
1	1,68	ENVELOPE SLV	Combination	Max	0,0	147,9	52,1
1	2,24	ENVELOPE SLV	Combination	Max	0,0	157,7	-30,9
1	2,24	ENVELOPE SLV	Combination	Max	0,0	122,7	-30,9
1	2,8	ENVELOPE SLV	Combination	Max	0,0	132,5	-89,1
1	2,8	ENVELOPE SLV	Combination	Max	0,0	92,5	-89,1
1	3,36	ENVELOPE SLV	Combination	Max	0,0	102,3	-88,3
1	3,36	ENVELOPE SLV	Combination	Max	0,0	57,1	-88,3
1	3,92	ENVELOPE SLV	Combination	Max	0,0	66,9	-73,0
1	3,92	ENVELOPE SLV	Combination	Max	0,0	14,3	-73,0
1	4,48	ENVELOPE SLV	Combination	Max	0,0	24,1	-42,4
1	4,48	ENVELOPE SLV	Combination	Max	0,0	-66,4	-42,4
1	5,04	ENVELOPE SLV	Combination	Max	0,0	-56,7	14,7
1	5,04	ENVELOPE SLV	Combination	Max	0,0	-150,4	14,7
1	5,3	ENVELOPE SLV	Combination	Max	0,0	-145,8	66,8
1	0,3	ENVELOPE SLV	Combination	Min	0,0	150,8	51,2
1	0,56	ENVELOPE SLV	Combination	Min	0,0	155,3	8,4
1	0,56	ENVELOPE SLV	Combination	Min	0,0	106,1	8,4
1	1,12	ENVELOPE SLV	Combination	Min	0,0	115,9	-77,3
1	1,12	ENVELOPE SLV	Combination	Min	0,0	66,4	-77,3
1	1,68	ENVELOPE SLV	Combination	Min	0,0	76,1	-131,7
1	1,68	ENVELOPE SLV	Combination	Min	0,0	42,8	-131,7
1	2,24	ENVELOPE SLV	Combination	Min	0,0	52,6	-167,1
1	2,24	ENVELOPE SLV	Combination	Min	0,0	18,7	-167,1
1	2,8	ENVELOPE SLV	Combination	Min	0,0	28,5	-183,2
1	2,8	ENVELOPE SLV	Combination	Min	0,0	-11,4	-183,2
1	3,36	ENVELOPE SLV	Combination	Min	0,0	-1,6	-212,4
1	3,36	ENVELOPE SLV	Combination	Min	0,0	-47,8	-212,4
1	3,92	ENVELOPE SLV	Combination	Min	0,0	-38,0	-244,5
1	3,92	ENVELOPE SLV	Combination	Min	0,0	-85,4	-244,5
1	4,48	ENVELOPE SLV	Combination	Min	0,0	-75,6	-250,9
1	4,48	ENVELOPE SLV	Combination	Min	0,0	-148,8	-250,9
1	5,04	ENVELOPE SLV	Combination	Min	0,0	-139,0	-209,4
1	5,04	ENVELOPE SLV	Combination	Min	0,0	-214,4	-209,4
1	5,3	ENVELOPE SLV	Combination	Min	0,0	-209,8	-167,6

2	0,3 ENVELOPE SLV	Combination	Max	-192,0	-55,5	-92,3
2	1,4 ENVELOPE SLV	Combination	Max	-208,5	-7,7	-46,3
2	2,5 ENVELOPE SLV	Combination	Max	-225,0	49,0	80,9
2	0,3 ENVELOPE SLV	Combination	Min	-295,7	-189,8	-283,7
2	1,4 ENVELOPE SLV	Combination	Min	-312,2	-162,7	-114,8
2	2,5 ENVELOPE SLV	Combination	Min	-328,7	-126,8	-111,7
3	0,3 ENVELOPE SLV	Combination	Max	-7,6	-111,9	92,5
3	1,55 ENVELOPE SLV	Combination	Max	-38,8	-26,3	189,2
3	2,8 ENVELOPE SLV	Combination	Max	-51,1	59,3	198,9
3	4,05 ENVELOPE SLV	Combination	Max	-63,3	155,8	119,9
3	5,3 ENVELOPE SLV	Combination	Max	-75,5	252,3	-61,8
3	0,3 ENVELOPE SLV	Combination	Min	-68,4	-209,9	-100,8
3	1,55 ENVELOPE SLV	Combination	Min	-80,7	-100,6	58,9
3	2,8 ENVELOPE SLV	Combination	Min	-118,1	8,6	93,6
3	4,05 ENVELOPE SLV	Combination	Min	-155,8	81,5	-17,6
3	5,3 ENVELOPE SLV	Combination	Min	-193,6	154,3	-262,4
4	0,3 ENVELOPE SLV	Combination	Max	-152,6	51,6	151,1
4	1,4 ENVELOPE SLV	Combination	Max	-169,1	18,2	116,7
4	2,5 ENVELOPE SLV	Combination	Max	-185,6	-24,0	270,9
4	0,3 ENVELOPE SLV	Combination	Min	-256,3	-46,0	-45,6
4	1,4 ENVELOPE SLV	Combination	Min	-272,8	-137,9	49,9
4	2,5 ENVELOPE SLV	Combination	Min	-289,3	-238,6	81,3



SEZIONE	P	V2	M3
01			298,3
02			250,9
03			283,7
04			262,4
05			198,9
06			270,9

*Diagrammi di involuppo del momento: ENVELOPE SLV*



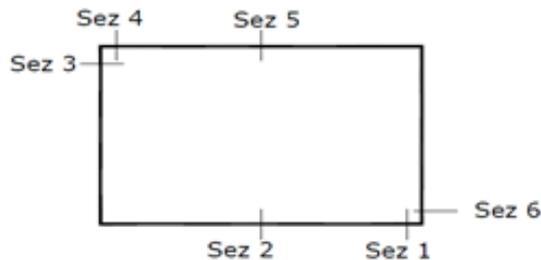
*Momento Flettente*

I valori M dei diagrammi corrispondono a quelli riportati nella tabella.

3.10.3. *Inviluppo SLE (rara)*

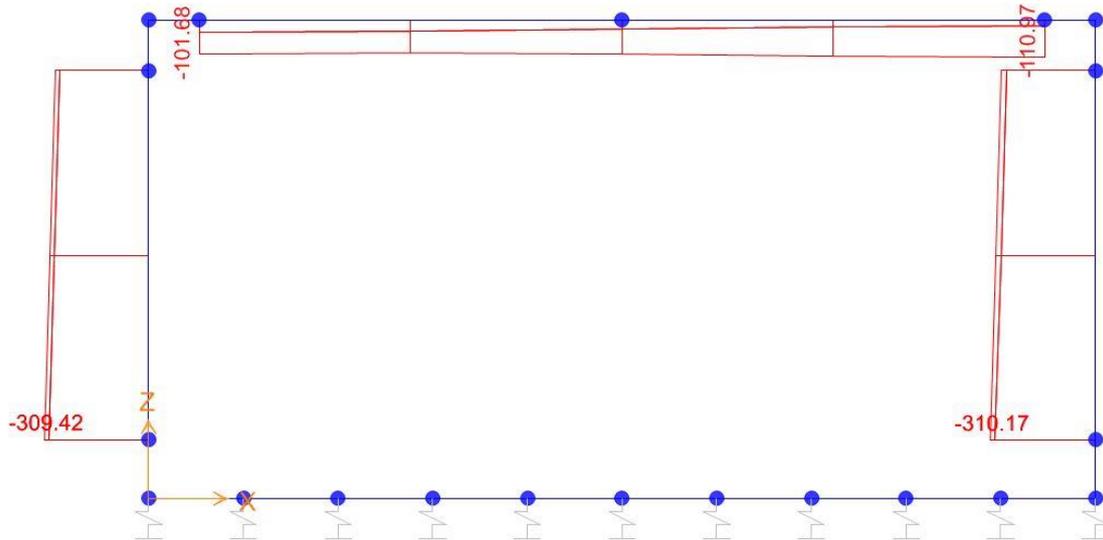
Frame	Station	OutputCase	CaseType	StepType	P	V2	M3
1	0,3	ENVELOPE S LERARA	Combination	Max	0,0	215,4	112,7
1	0,56	ENVELOPE S LERARA	Combination	Max	0,0	219,9	56,1
1	0,56	ENVELOPE S LERARA	Combination	Max	0,0	153,8	56,1
1	1,12	ENVELOPE S LERARA	Combination	Max	0,0	163,6	-32,8
1	1,12	ENVELOPE S LERARA	Combination	Max	0,0	97,1	-32,8
1	1,68	ENVELOPE S LERARA	Combination	Max	0,0	106,9	-84,0
1	1,68	ENVELOPE S LERARA	Combination	Max	0,0	62,3	-84,0
1	2,24	ENVELOPE S LERARA	Combination	Max	0,0	72,1	-108,7
1	2,24	ENVELOPE S LERARA	Combination	Max	0,0	26,9	-108,7
1	2,8	ENVELOPE S LERARA	Combination	Max	0,0	36,7	-112,5
1	2,8	ENVELOPE S LERARA	Combination	Max	0,0	-8,9	-112,5
1	3,36	ENVELOPE S LERARA	Combination	Max	0,0	0,9	-96,0
1	3,36	ENVELOPE S LERARA	Combination	Max	0,0	-45,5	-96,0
1	3,92	ENVELOPE S LERARA	Combination	Max	0,0	-35,7	-59,3
1	3,92	ENVELOPE S LERARA	Combination	Max	0,0	-83,5	-59,3
1	4,48	ENVELOPE S LERARA	Combination	Max	0,0	-73,7	-2,8
1	4,48	ENVELOPE S LERARA	Combination	Max	0,0	-147,8	-2,8
1	5,04	ENVELOPE S LERARA	Combination	Max	0,0	-138,0	85,8
1	5,04	ENVELOPE S LERARA	Combination	Max	0,0	-214,9	85,8
1	5,3	ENVELOPE S LERARA	Combination	Max	0,0	-210,4	142,4
1	0,3	ENVELOPE S LERARA	Combination	Min	0,0	211,7	30,2
1	0,56	ENVELOPE S LERARA	Combination	Min	0,0	216,3	-25,6
1	0,56	ENVELOPE S LERARA	Combination	Min	0,0	140,3	-25,6
1	1,12	ENVELOPE S LERARA	Combination	Min	0,0	150,1	-108,5
1	1,12	ENVELOPE S LERARA	Combination	Min	0,0	76,4	-108,5
1	1,68	ENVELOPE S LERARA	Combination	Min	0,0	86,2	-156,7
1	1,68	ENVELOPE S LERARA	Combination	Min	0,0	38,4	-156,7
1	2,24	ENVELOPE S LERARA	Combination	Min	0,0	48,2	-184,1
1	2,24	ENVELOPE S LERARA	Combination	Min	0,0	1,7	-184,1
1	2,8	ENVELOPE S LERARA	Combination	Min	0,0	11,5	-195,1
1	2,8	ENVELOPE S LERARA	Combination	Min	0,0	-34,5	-195,1
1	3,36	ENVELOPE S LERARA	Combination	Min	0,0	-24,7	-192,8
1	3,36	ENVELOPE S LERARA	Combination	Min	0,0	-70,4	-192,8
1	3,92	ENVELOPE S LERARA	Combination	Min	0,0	-60,6	-170,1
1	3,92	ENVELOPE S LERARA	Combination	Min	0,0	-105,7	-170,1
1	4,48	ENVELOPE S LERARA	Combination	Min	0,0	-95,9	-126,1
1	4,48	ENVELOPE S LERARA	Combination	Min	0,0	-163,1	-126,1
1	5,04	ENVELOPE S LERARA	Combination	Min	0,0	-153,3	-46,1
1	5,04	ENVELOPE S LERARA	Combination	Min	0,0	-220,0	-46,1

1	5,3	ENVELOPE SLERARA	Combination	Min	0,0	-215,5	9,2
2	0,3	ENVELOPE SLERARA	Combination	Max	-263,1	1,3	-95,9
2	1,4	ENVELOPE SLERARA	Combination	Max	-279,6	35,6	-104,7
2	2,5	ENVELOPE SLERARA	Combination	Max	-296,1	77,0	-76,3
2	0,3	ENVELOPE SLERARA	Combination	Min	-277,2	-96,5	-210,5
2	1,4	ENVELOPE SLERARA	Combination	Min	-293,7	-62,2	-128,4
2	2,5	ENVELOPE SLERARA	Combination	Min	-310,2	-20,8	-176,8
3	0,3	ENVELOPE SLERARA	Combination	Max	-36,6	-215,4	-61,0
3	1,55	ENVELOPE SLERARA	Combination	Max	-31,3	-104,0	156,2
3	2,8	ENVELOPE SLERARA	Combination	Max	-26,1	7,4	234,1
3	4,05	ENVELOPE SLERARA	Combination	Max	-20,9	118,8	172,8
3	5,3	ENVELOPE SLERARA	Combination	Max	-15,7	230,2	-27,8
3	0,3	ENVELOPE SLERARA	Combination	Min	-101,7	-229,5	-136,4
3	1,55	ENVELOPE SLERARA	Combination	Min	-96,5	-118,1	69,0
3	2,8	ENVELOPE SLERARA	Combination	Min	-100,5	-6,6	129,4
3	4,05	ENVELOPE SLERARA	Combination	Min	-105,8	104,8	50,5
3	5,3	ENVELOPE SLERARA	Combination	Min	-111,0	216,2	-167,7
4	0,3	ENVELOPE SLERARA	Combination	Max	-262,4	84,5	181,6
4	1,4	ENVELOPE SLERARA	Combination	Max	-278,9	43,9	126,5
4	2,5	ENVELOPE SLERARA	Combination	Max	-295,4	-5,5	153,1
4	0,3	ENVELOPE SLERARA	Combination	Min	-276,4	24,4	125,5
4	1,4	ENVELOPE SLERARA	Combination	Min	-292,9	-8,8	100,6
4	2,5	ENVELOPE SLERARA	Combination	Min	-309,4	-58,2	88,2

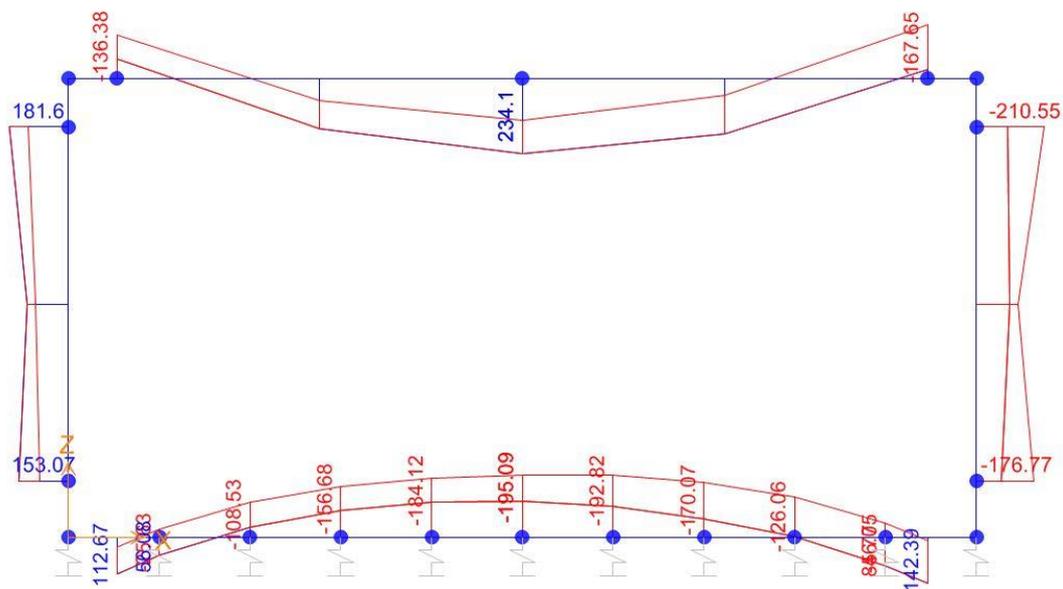


SEZIONE	P	M3
01	0,0	142,4
02	0,0	195,1
03	-262,4	210,5
04	0,0	167,7
05	0,0	234,1
06	-295,4	176,8

*Diagrammi di involuppo delle sollecitazioni: ENVELOPE SLE (rara)*



*Sforzo normale*



*Momento Flettente*

Il valore M dei diagrammi corrisponde a quello riportato nella tabella, mentre il valore dello sforzo normale P nei diagrammi (valore massimo) differisce da quello di verifica della tabella, pari a quello di compressione minimo.

### 3.11. VERIFICHE SLU/SLE

Le verifiche SLU sono state effettuate allo stato limite ultimo:

**Oggetto:**

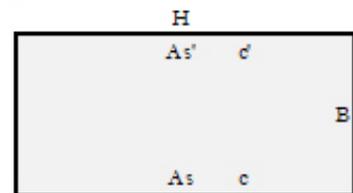
TOMBINO IN18\_0+730,00 - Nuovo NTC18

Sezione n° 01

**Dati di Input:**

B	Base sezione rettangolare	1000 mm
H	Altezza sezione rettangolare	700 mm
c'	Copriferro armatura sup. compressa	70 mm
c	Copriferro armatura inf. Tesa	70 mm
d	Altezza utile = H-c	630 mm
fck	Resistenza caratt. Cilindrica calcestruzzo	30 MPa
fyk	Resistenza caratt. Snervamento acciaio	450 MPa
Ned	Sforzo normale di calcolo [(+)Trazione]	0,0 kN
Med	Momento flettente di calcolo [(+)]	208,8 kNm
Ved	Taglio di calcolo [(+)]	337,0 kN
Ted	Torsione di calcolo [(+)]	0 kNm
Fi1	1° diametro armatura tesa	20
Fi2	2° diametro armatura tesa	
n1	N° . Barre 1° armatura tesa	10
n2	N° . Barre 2° armatura tesa	
As'	Armatura superiore compressa	3142 mmq
As	Armatura inferiore tesa	3142 mmq
Fi Staffe	Diametro staffe	12 mm
s. Staffe	Passo staffe	150 mm
bracci	Numero Bracci staffe	2
cotθ	(proiez.orizz.)/(proiez.vert.) puntone cls	2,0 [range: 1,0-2,5]
alpha	angolo staffe/piegati rispetto all'orizzontale	90,0°
Asw	Area a taglio per unità di lunghezza	1508 mmq/m
<R-F-P>	Combinaz. SLE (rara,frequente,perm)	R
Msle	Momento di esercizio [(+)]	142,4 kNm
Nsle	Sforzo normale di esercizio [(+)Trazione]	0,0 kN
wk-lim	Stato limite apertura fessure (Freq.Perm)	0,20 mm
sigcR-lim	Tensione limite cls comb. Rara	0,60 fck
sigcP-lim	Tensione limite cls comb. Quasi Perm.	0,45 fck
sigcR-lim	Tensione limite acc. Comb. Rara	0,80 fyk

**Geometria della Sezione:**



**Dati di Output:**

**SLU - Momento e Taglio resistenti**

<S-N>	Momento Ultimo resistente dissipativo <S/N>	S
Mrd	Momento ultimo resistente	729 kNm
Vrd	Taglio ultimo resistente	669 kN
Trd	Momento torcente ultimo resistente	8 kNm

**SLE - Tensioni e ampiezza fessure**

Sigs-sup	Tensione barre superiori [(-)Compresso]	-19 Mpa	Coeff.S finitt.	5%
Sigs-inf	Tensione barre inferiori [(+)Teso]	80 Mpa	Coeff.S finitt.	22%
Sigc-sup	Tensione cls superiore [(-)Compresso]	-2 Mpa	Coeff.S finitt.	12%
Sigc-inf	Tensione cls inferiore [non reag.Trazione]	0 Mpa		
Mcr	Momento di prima fessurazione	268 kNm		
wk	Ampiezza di fessura	0,10 mm	Coeff.S finitt.	49%
			Coeff.S finitt Max	50%

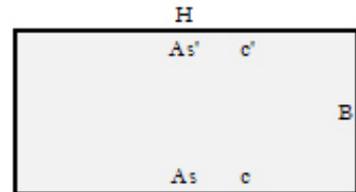
**Oggetto:**

TOMBINO IN18\_0+730,00 - Nuovo NTC 18  
Sezione n° 02

**Dati di Input:**

B	Base sezione rettangolare	1000 mm
H	Altezza sezione rettangolare	700 mm
c'	Copiferro armatura sup. compressa	70 mm
c	Copiferro armatura inf. Tesa	70 mm
d	Altezza utile = H-c	630 mm
fck	Resistenza caratt. Cilindrica calcestruzzo	30 MPa
fyk	Resistenza caratt. Snervamento acciaio	450 MPa
Ned	Sforzo normale di calcolo [(+)Trazione]	0,0 kN
Med	Momento flettente di calcolo [(+)]	297,1 kNm
Ved	Taglio di calcolo [(+)]	0,0 kN
Ted	Torsione di calcolo [(+)]	0 kNm
Fi1	1° diametro armatura tesa	20
Fi2	2° diametro armatura tesa	
n1	N°. Barre 1° armatura tesa	10
n2	N°. Barre 2° armatura tesa	0
As'	Armatura superiore compressa	3142 mmq
As	Armatura inferiore tesa	3142 mmq
Fi Staffe	Diametro staffe	12 mm
s. Staffe	Passo staffe	150 mm
bracci	Numero Bracci staffe	2
cotθ	(proiez.orizz.)/(proiez.vert.) puntone cls	2,0 [range: 1,0-2,5]
alpha	angolo staffe/piegati rispetto all'orizzontale	90,0°
Asw	Area a taglio per unità di lunghezza	1508 mmq/m
<R-F-P>	Combinaz. SLE (rara,frequente,perm)	R
Msle	Momento di esercizio [(+)]	195,1 kNm
Nsle	Sforzo normale di esercizio [(+)Trazione]	0,0 kN
wk-lim	Stato limite apertura fessure (Freq.Perm)	0,20 mm
sigcR-lim	Tensione limite cls comb. Rara	0,60 fck
sigcP-lim	Tensione limite cls comb. Quasi Perm.	0,45 fck
sigcR-lim	Tensione limite acc. Comb. Rara	0,80 fyk

**Geometria della Sezione:**



**Dati di Output:**

**SLU - Momento e Taglio resistenti**

<S-N>	Momento Ultimo resistente dissipativo <S/N>	S		
Mrd	Momento ultimo resistente	729 kNm	CoeffSfrutt.	41%
Vrd	Taglio ultimo resistente	669 kN	CoeffSfrutt.	0%
Trd	Momento torcente ultimo resistente	8 kNm	CoeffSfrutt.	
<b>SLE - Tensioni e ampiezza fessure</b>				
Sigs-sup	Tensione barre superiori [(-)Compresso]	-27 Mpa	CoeffSfrutt.	7%
Sigs-inf	Tensione barre inferiori [(+)Teso]	109 Mpa	CoeffSfrutt.	30%
Sigc-sup	Tensione cls superiore [(-)Compresso]	-3 Mpa	CoeffSfrutt.	16%
Sigc-inf	Tensione cls inferiore [non reag.Trazione]	0 Mpa		
Mcr	Momento di prima fessurazione	268 kNm		
wk	Ampiezza di fessura	0,13 mm	CoeffSfrutt.	67%
			CoeffSfrutt.Max	67%

**Oggetto:**

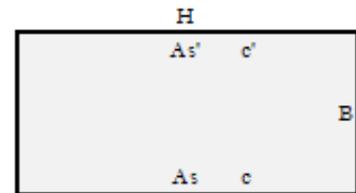
TOMBINO IN18\_0+730,00 - Nuovo NTC 18

Sezione n° 03

**Dati di Input:**

B	Base sezione rettangolare	1000 mm
H	Altezza sezione rettangolare	600 mm
c'	Copriferro armatura sup. compressa	70 mm
c	Copriferro armatura inf. Tesa	70 mm
d	Altezza utile = H-c	530 mm
fck	Resistenza caratt. Cilindrica calcestruzzo	30 MPa
fyk	Resistenza caratt. Snervamento acciaio	450 MPa
Ned	Sforzo normale di calcolo [(+)Trazione]	-200,9 kN
Med	Momento flettente di calcolo [(+)]	300,3 kNm
Ved	Taglio di calcolo [(+)]	116,8 kN
Ted	Torsione di calcolo [(+)]	0 kNm
Fi1	1° diametro armatura tesa	20
Fi2	2° diametro armatura tesa	0
n1	N°. Barre 1° armatura tesa	10
n2	N°. Barre 2° armatura tesa	0
As'	Armatura superiore compressa	3142 mmq
As	Armatura inferiore tesa	3142 mmq
Fi Staffe	Diametro staffe	mm
s. Staffe	Passo staffe	150 mm
bracci	Numero Bracci staffe	2
cotθ	(proiez.orizz.)/(proiez.vert.) puntone cls	2,0 [range: 1,0-2,5]
alpha	angolo staffe/piegati rispetto all'orizzontale	90,0°
Asw	Area a taglio per unità di lunghezza	0 mmq/m
<R-F-P>	Combinaz. SLE (rara,frequente,qperm)	R
Mse	Momento di esercizio [(+)]	210,5 kNm
Nse	Sforzo normale di esercizio [(+)Trazione]	-262,4 kN
wk-lim	Stato limite apertura fessure (Freq.Perm)	0,20 mm
sigcR-lim	Tensione limite cls comb. Rara	0,60 fck
sigcP-lim	Tensione limite cls comb. Quasi Perm.	0,45 fck
sigcR-lim	Tensione limite acc. Comb. Rara	0,80 fyk

**Geometria della Sezione:**



**Dati di Output:**

**SLU - Momento e Taglio resistenti**

<S-N>	Momento Ultimo resistente dissipativo <S/N>	S		
Mrd	Momento ultimo resistente	652 kNm	Coeff.S frutt.	46%
Vrd	Taglio ultimo resistente	295 kN	Coeff.S frutt.	40%
Trd	Momento torcente ultimo resistente	0 kNm	Coeff.S frutt.	
<b>SLE - Tensioni e ampiezza fessure</b>				
Sigs-sup	Tensione barre superiori [(-)Compresso]	-43 MPa	Coeff.S frutt.	12%
Sigs-inf	Tensione barre inferiori [(+)Teso]	104 MPa	Coeff.S frutt.	29%
Sigc-sup	Tensione cls superiore [(-)Compresso]	-4 MPa	Coeff.S frutt.	24%
Sigc-inf	Tensione cls inferiore [non reag.Trazione]	0 MPa		
Mcr	Momento di prima fessurazione	229 kNm		
wk	Ampiezza di fessura	0,12 mm	Coeff.S frutt.	59%
			Coeff.S frutt. Max	59%

**Oggetto:**

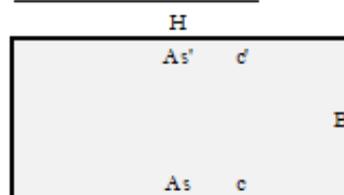
TOMBINO IN18\_0+730,00 - Nuovo NTC18

Sezione n°. 04

**Dati di Input:**

B	Base sezione rettangolare	1000 mm
H	Altezza sezione rettangolare	600 mm
c'	Copri ferro armatura sup. compressa	70 mm
c	Copri ferro armatura inf. Tesa	70 mm
d	Altezza utile = H-c	530 mm
f <sub>ck</sub>	Resistenza caratt. Cilindrica calcestruzzo	30 MPa
f <sub>yk</sub>	Resistenza caratt. Snervamento acciaio	450 MPa
N <sub>ed</sub>	Sforzo normale di calcolo [(+)Trazione]	0,0 kN
M <sub>ed</sub>	Momento flettente di calcolo [(+)]	231,9 kNm
V <sub>ed</sub>	Taglio di calcolo [(+)]	355,8 kN
T <sub>ed</sub>	Torsione di calcolo [(+)]	0 kNm
Fi1	1° diametro armatura tesa	20
Fi2	2° diametro armatura tesa	0
n1	N°. Barre 1° armatura tesa	10
n2	N°. Barre 2° armatura tesa	0
A <sub>s'</sub>	Armatura superiore compressa	3142 mmq
A <sub>s</sub>	Armatura inferiore tesa	3142 mmq
Fi Staffe	Diametro staffe	12 mm
s. Staffe	Passo staffe	150 mm
bracci	Numero Bracci staffe	2
cotθ	(proiez.orizz.)/(proiez.vert.) puntone cls	2,0 [range: 1,0-2,5]
alpha	angolo staffe/piegati rispetto all'orizzontale	90,0°
A <sub>sw</sub>	Area a taglio per unità di lunghezza	1508 mmq/m
<R-F-P>	Combinaz. SLE (rara, frequente, perm)	R
M <sub>sle</sub>	Momento di esercizio [(+)]	167,7 kNm
N <sub>sle</sub>	Sforzo normale di esercizio [(+)Trazione]	0,0 kN
w <sub>k-lim</sub>	Stato limite apertura fessure (Freq.Perm)	0,20 mm
sig <sub>R-lim</sub>	Tensione limite cls comb. Rara	0,60 f <sub>ck</sub>
sig <sub>P-lim</sub>	Tensione limite cls comb. Quasi Perm.	0,45 f <sub>ck</sub>
sig <sub>R-lim</sub>	Tensione limite acc. Comb. Rara	0,80 f <sub>yk</sub>

**Geometria della Sezione:**



**Dati di Output:**

<b>SLU - Momento e Taglio resistenti</b>			
<S-N>	Momento Ultimo resistente dissipativo <S/N>	S	
M <sub>rd</sub>	Momento ultimo resistente	606 kNm	Coeff.S fnutt. 38%
V <sub>rd</sub>	Taglio ultimo resistente	563 kN	Coeff.S fnutt. 63%
T <sub>rd</sub>	Momento torcente ultimo resistente	6 kNm	Coeff.S fnutt.
<b>SLE - Tensioni e ampiezza fessure</b>			
Sigs-sup	Tensione barre superiori [(-)Compresso]	-28 Mpa	Coeff.S fnutt. 8%
Sigs-inf	Tensione barre inferiori [(+)Teso]	113 Mpa	Coeff.S fnutt. 31%
Sig <sub>c</sub> -sup	Tensione cls superiore [(-)Compresso]	-3 Mpa	Coeff.S fnutt. 18%
Sig <sub>c</sub> -inf	Tensione cls inferiore [non reag.Trazione]	0 Mpa	
M <sub>cr</sub>	Momento di prima fessurazione	200 kNm	
w <sub>k</sub>	Ampiezza di fessura	0,13 mm	Coeff.S fnutt. 64%
			Coeff.S fnutt.Max 64%

**Oggetto:**

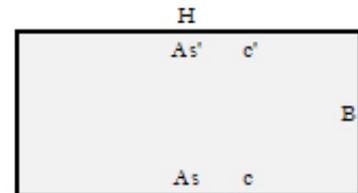
TOMBINO IN18\_0+730,00 - Nuovo NTC18

Sezione n°. 05

**Dati di Input:**

B	Base sezione rettangolare	1000 mm
H	Altezza sezione rettangolare	600 mm
c'	Copiferro armatura sup. compressa	70 mm
c	Copiferro armatura inf. Tesa	70 mm
d	Altezza utile = H-c	530 mm
fck	Resistenza caratt. Cilindrica calcestruzzo	30 MPa
fyk	Resistenza caratt. Snervamento acciaio	450 MPa
Ned	Sforzo normale di calcolo [(+)Trazione]	0,0 kN
Med	Momento flettente di calcolo [(+)]	378,7 kNm
Ved	Taglio di calcolo [(+)]	0,0 kN
Ted	Torsione di calcolo [(+)]	0 kNm
Fi1	1° diametro armatura tesa	20
Fi2	2° diametro armatura tesa	
n1	N°. Barre 1° armatura tesa	10
n2	N°. Barre 2° armatura tesa	0
As'	Armatura superiore compressa	3142 mmq
As	Armatura inferiore tesa	3142 mmq
Fi Staffe	Diametro staffe	12 mm
s. Staffe	Passo staffe	150 mm
bracci	Numero Bracci staffe	2
cotθ	(proiez. orizz.)/(proiez. vert.) puntone cls	2,0 [range: 1,0-2,5]
alpha	angolo staffe/piegati rispetto all'orizzontale	90,0°
Asw	Area a taglio per unità di lunghezza	1508 mmq/m
<R-F-P>	Combinaz. SLE (rara,frequente,perm)	R
Msle	Momento di esercizio [(+)]	234,1 kNm
Nsle	Sforzo normale di esercizio [(+)Trazione]	0,0 kN
wk-lim	Stato limite apertura fessure (Freq.Perm)	0,20 mm
sigcR-lim	Tensione limite cls comb. Rara	0,60 fck
sigcP-lim	Tensione limite cls comb. Quasi Perm.	0,45 fck
sigcR-lim	Tensione limite acc. Comb. Rara	0,80 fyk

**Geometria della Sezione:**



**Dati di Output:**

**SLU - Momento e Taglio resistenti**

<S-N>	Momento Ultimo resistente dissipativo <S/N>	S
Mrd	Momento ultimo resistente	606 kNm
Vrd	Taglio ultimo resistente	563 kN
Trd	Momento torcente ultimo resistente	6 kNm
<b>SLE - Tensioni e ampiezza fessure</b>		
Sigs-sup	Tensione barre superiori [(-)Compresso]	-39 Mpa
Sigs-inf	Tensione barre inferiori [(+)Teso]	158 Mpa
Sigc-sup	Tensione cls superiore [(-)Compresso]	-5 Mpa
Sigc-inf	Tensione cls inferiore [non reag.Trazione]	0 Mpa
Mcr	Momento di prima fessurazione	200 kNm
wk	Ampiezza di fessura	0,18 mm

Coeff.Sfrutt.	63%
Coeff.Sfrutt.	0%
Coeff.Sfrutt.	
Coeff.Sfrutt.	11%
Coeff.Sfrutt.	44%
Coeff.Sfrutt.	26%
Coeff.Sfrutt.	
Coeff.Sfrutt.	92%
Coeff.Sfrutt.Max	92%

**Oggetto:**

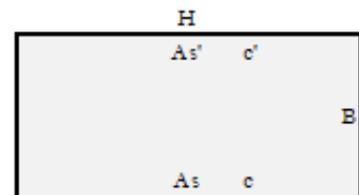
TOMBINO IN18\_0+730,00 - Nuovo NTC18

Sezione n° 06

**Dati di Input:**

B	Base sezione rettangolare	1000 mm
H	Altezza sezione rettangolare	600 mm
c'	Copiferro armatura sup. compressa	70 mm
c	Copiferro armatura inf. Tesa	70 mm
d	Altezza utile = H-c	530 mm
fck	Resistenza caratt. Cilindrica calcestruzzo	30 MPa
fyk	Resistenza caratt. Snervamento acciaio	450 MPa
Ned	Sforzo normale di calcolo [(+)Trazione]	-233,9 kN
Med	Momento flettente di calcolo [(+)]	262,7 kNm
Ved	Taglio di calcolo [(+)]	116,8 kN
Ted	Torsione di calcolo [(+)]	0 kNm
Fi1	1° diametro armatura tesa	20
Fi2	2° diametro armatura tesa	0
n1	N°. Barre 1° armatura tesa	10
n2	N°. Barre 2° armatura tesa	0
As'	Armatura superiore compressa	3142 mmq
As	Armatura inferiore tesa	3142 mmq
Fi Staffe	Diametro staffe	0 mm
s. Staffe	Passo staffe	150 mm
bracci	Numero Bracci staffe	2
cotθ	(proiez.orizz.)/(proiez.vert.) puntone cls	2,0 [range: 1,0-2,5]
alpha	angolo staffe/piegati rispetto all'orizzontale	90,0°
Asw	Area a taglio per unità di lunghezza	0 mmq/m
<R-F-P>	Combinaz. SLE (rara,frequente,perm)	R
Msle	Momento di esercizio [(+)]	176,8 kNm
Nsle	Sforzo normale di esercizio [(+)Trazione]	-295,4 kN
wk-lim	Stato limite apertura fessure (Freq.Perm)	0,20 mm
sigcR-lim	Tensione limite cls comb. Rara	0,60 fck
sigcP-lim	Tensione limite cls comb. Quasi Perm.	0,45 fck
sigcR-lim	Tensione limite acc. Comb. Rara	0,80 fyk

**Geometria della Sezione:**



**Dati di Output:**

**SLU - Momento e Taglio resistenti**

<S-N>	Momento Ultimo resistente dissipativo <S/N>	S
Mrd	Momento ultimo resistente	660 kNm
Vrd	Taglio ultimo resistente	299 kN
Trd	Momento torcente ultimo resistente	0 kNm
		Coeff Sfrutt.
		40%
		Coeff Sfrutt.
		39%
		Coeff Sfrutt.
		Coeff Sfrutt.
		11%
Sigs-sup	Tensione barre superiori [(-)Compresso]	-38 Mpa
Sigs-inf	Tensione barre inferiori [(+)Teso]	77 Mpa
Sigc-sup	Tensione cls superiore [(-)Compresso]	-4 Mpa
Sigc-inf	Tensione cls inferiore [non reag.Trazione]	0 Mpa
Mcr	Momento di prima fessurazione	232 kNm
wk	Ampiezza di fessura	0,09 mm
		Coeff Sfrutt.
		44%
		Coeff Sfrutt.Max
		44%

Si riportano i coefficienti di sfruttamento nelle sezioni notevoli per le verifiche SLU/SLE:

SINTESI VERIFICHE SEZIONI NOTEVOLI:							
SL	VERIF	SEZ01	SEZ02	SEZ03	SEZ04	SEZ05	SEZ06
SLU	Med/Mrd	29%	41%	46%	38%	63%	40%
SLU	Ved/Vrd	50%	0%	40%	63%	0%	39%
SLE	(sigse/sigsr)s	5%	7%	12%	8%	11%	11%
SLE	(sigse/sigsr)i	22%	30%	29%	31%	44%	21%
SLE	(sigce/sigcr)s	12%	16%	24%	18%	26%	21%
SLE	wk/wklim	49%	67%	59%	64%	92%	44%
	MAX	50%	67%	59%	64%	92%	44%
	MAX	92%					

I coefficienti di sfruttamento sono tutti inferiori all'unità e pertanto le verifiche risultano soddisfatte.

### 3.12. ARMATURE DI RIPARTIZIONE

Le armature di ripartizione delle pareti e della soletta vengono dimensionate per sostenere gli effetti del ritiro igrometrico i quali generano una trazione pura per deformazioni impedita a causa della soletta inferiore gettata precedentemente e che può aver dissipato tali effetti.

La  $\epsilon$ ritiro induce nel calcestruzzo una tensione di trazione superiore alla sua resistenza a trazione, ne deriva la fessurazione e il trasferimento di tutta la trazione sull'acciaio teso. Per ottenere delle fessure uniformemente distribuite e non concentrate in alcuni punti con ampiezze macroscopiche, si applica un principio di non plasticizzazione delle armature. Per limitare l'ampiezza delle fessure, pur distribuite, che si ottengono applicando tale principio, si applica quanto previsto al § 7.3.2 dell'Eurocodice 2 - UNI EN 1992 1-1: "Aree minime di armatura", in particolare la formula (7.1):

$$A_{s,min} \cdot \sigma_s = k_c \cdot k \cdot f_{ct,eff} \cdot A_{ct}$$

dove:

$A_{s,min}$  è l'area minima di armatura nella zona tesa;

$A_{ct}$  è l'area di calcestruzzo nella zona tesa. La zona tesa è quella parte della sezione che risulta in trazione subito dopo la formazione della prima fessura; è pari a tutta l'area della sezione per trazione pura, alla metà per flessione;

$\sigma_s$  è la massima tensione ammessa nell'armatura subito dopo la formazione della fessura. Tale tensione può essere assunta pari alla tensione di snervamento  $f_{yk}$  dell'armatura. Può essere però necessario fissare un valore minore per soddisfare i limiti di apertura delle fessure secondo il massimo diametro o la massima spaziatura tra le barre (vedere punto 7.3.3).

$f_{ct,eff}$  è il valore medio della resistenza a trazione efficace del calcestruzzo al momento in cui si suppone insorgano le prime fessure;

$f_{ct,eff} = f_{ctm}$  se la formazione delle fessure è prevista prima di 28d;

$k$  è il coefficiente che tiene conto degli effetti di tensioni auto-equilibrate non uniformi,  $k=1$

$k_c$  è il coefficiente che tiene conto del tipo di distribuzione delle tensioni all'interno della sezione subito prima della fessurazione e della variazione del braccio di leva;  $k_c=1$  per trazione,  $k_c=0,4$  per flessione,  $k_c = 0,4 \cdot (1 - \text{funz}(\sigma_c))$  nel caso flessione combinata con sforzo normale.

base della sezione		1000 mm
altezza della sezione		600 mm
area sezione calcestruzzo	$A_{ct}$	600000 mm <sup>2</sup>
tensione di snervamento acciaio	$f_{yk}$	450 Mpa
resist. Caratt. Cilindrica cls a compressione	$f_{ck}$	30 Mpa
tensione resistente cls a trazione	$f_{ct,eff}=0,3(f_{ck})^{2/3}$	2,90 Mpa
coefficiente $k_c$	$k_c$	1,00
coefficiente $k$	$k$	1,00
area minima acciaio teso nella sezione	$A_{s,min}$	3862 mm <sup>2</sup>

P.to 7.3.3 EC2 1992:1-1): Dove è disposta l'armatura minima indicata al punto 7.3.2, le ampiezze delle fessure non dovrebbero essere eccessive se: per fessurazione causata principalmente da deformazioni impedito, il diametro delle barre non eccede quello dato nel prospetto 7.2N, dove la tensione nell'acciaio è quella che si ha subito dopo la fessurazione [cioè il termine  $\sigma_s$  nell'espressione (7.1)];

prospetto 7.2N

**Diametri massimi delle barre  $\phi^*_s$  per il controllo della fessurazione<sup>1)</sup>**

Tensione nell'acciaio <sup>2)</sup> [MPa]	Diametro massimo delle barre [mm]		
	$w_k = 0,4$ mm	$w_k = 0,3$ mm	$w_k = 0,2$ mm
160	40	32	25
200	32	25	16
240	20	16	12
280	16	12	8
320	12	10	6
360	10	8	5
400	8	6	4
450	6	5	-

1) I valori nel prospetto sono basati sulle seguenti assunzioni:  
 $c = 25$  mm;  $f_{ct,eff} = 2,9$  MPa;  $h_{cr} = 0,5$ ;  $(h - d) = 0,1 h$ ;  $k_1 = 0,8$ ;  $k_2 = 0,5$ ;  $k_c = 0,4$ ;  $k = 1,0$ ;  $k_t = 0,4$  e  $k' = 1,0$ .

2) Sotto la combinazione di carico pertinente.

Il diametro massimo delle barre si raccomanda sia modificato come segue:

Trazione (la sezione è tutta tesa):

$$\phi_s = \phi^*_s (f_{ct,eff} / 2,9) h_{cr} / (8(h-d)) \quad (7.7N)$$

dove:

$\phi_s$  è il diametro massimo "modificato" delle barre;

$\phi^*_s$  è il diametro massimo dato nel prospetto 7.2N;

$h$  è l'altezza totale della sezione;

$h_{cr}$  è l'altezza della zona tesa subito prima della fessurazione, considerando i valori caratteristici della forza di precompressione e delle forze assiali sotto la combinazione di azioni quasi-permanente;

$d$  è l'altezza utile valutata rispetto al baricentro dello strato più esterno di armatura ordinaria.

Se tutta la sezione è tesa  $h-d$  è la minima distanza tra il baricentro dello strato di armatura e il lembo esterno della sezione (considerare ciascun lembo se la barra non è disposta simmetricamente).

Verifica armatura trasversale:

diametro barre trasversali	$\Phi_{trav}$	16 mm	< $F_s$	Verifica soddisfatta
passo barre trasversali	passo	100 mm		
N.strati barre trasvers. (sup.+inf.+intermedi)	n.strati	2		
Area barre trasversali	$A_s$	4021 mm <sup>2</sup>		
stato tensionale barre dopo fessurazione	$\sigma_s$	432 mm <sup>2</sup>	< $f_{yk}$	Verifica soddisfatta
$\phi$ barre da tabella 7.2N x $\sigma_s$ e $w_k=0,2$ mm	$\phi^*_s$	4 mm		
altezza zona tesa prima della fessurazione	$h_{cr}$	600 mm		
altezza totale sezione	$h$	600 mm		
copriferro (asse barre)	$c$	60 mm		
altezza utile sezione	$d$	540 mm		
diametro massimo modificato utilizzabile	$\phi_s$	20 mm	(= $F_s$ )	

### 3.13. VERIFICHE SLV AL LIMITE ELASTICO

Le verifiche SLV sono state effettuate allo stato limite elastico:

**Oggetto:**

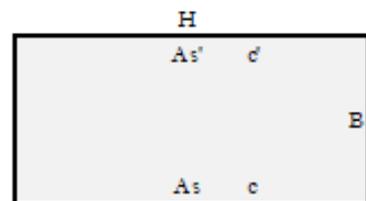
TOMBINO IN18\_0+730,00 - Nuovo NTC18

Sezione n°. 01

**Dati di Input:**

B	Base sezione rettangolare	1000 mm
H	Altezza sezione rettangolare	700 mm
c'	Copriferro armatura sup. compressa	70 mm
c	Copriferro armatura inf. Tesa	70 mm
d	Altezza utile = H-c	630 mm
fck	Resistenza caratt. Cilindrica calcestruzzo	30 MPa
fyk	Resistenza caratt. Snervamento acciaio	450 MPa
Ned	Sforzo normale di calcolo [(+)'Trazione]	0,0 kN
Med	Momento flettente di calcolo [(+)]	298,3 kNm
Ved	Taglio di calcolo [(+)]	0,0 kN
Ted	Torsione di calcolo [(+)]	0 kNm
Fi1	1° diametro armatura tesa	20
Fi2	2° diametro armatura tesa	
n1	N°. Barre 1° armatura tesa	10
n2	N°. Barre 2° armatura tesa	
As'	Armatura superiore compressa	3142 mmq
As	Armatura inferiore tesa	3142 mmq
Fi Staffe	Diametro staffe	12 mm
s. Staffe	Passo staffe	150 mm
bracci	Numero Bracci staffe	2
cotθ	(proiez.orizz.)/(proiez.vert.) puntone cls	2,0 [range: 1,0-2,5]
alpha	angolo staffe/piegati rispetto all'orizzontale	90,0°
Asw	Area a taglio per unità di lunghezza	1508 mmq/m

**Geometria della Sezione:**



**Dati di Output:**

**SLV - Momento al limite elastico**

<S-N>	Momento Ultimo resistente dissipativo <S/N>	N
Mrd	Momento ultimo resistente	697 kNm
	Coeff.S frutt.	43%

**Oggetto:**

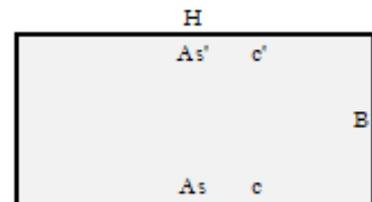
TOMBINO IN18\_0+730,00 - Nuovo NTC18

Sezione n°. 02

**Dati di Input:**

B	Base sezione rettangolare	1000 mm
H	Altezza sezione rettangolare	700 mm
c'	Copriferro armatura sup. compressa	70 mm
c	Copriferro armatura inf. Tesa	70 mm
d	Altezza utile = H-c	630 mm
fck	Resistenza caratt. Cilindrica calcestruzzo	30 MPa
fyk	Resistenza caratt. Snervamento acciaio	450 MPa
Ned	Sforzo normale di calcolo [(+)]Trazione]	0,0 kN
Med	Momento flettente di calcolo [(+)]	250,9 kNm
Ved	Taglio di calcolo [(+)]	0,0 kN
Ted	Torsione di calcolo [(+)]	0 kNm
Fi1	1° diametro armatura tesa	20
Fi2	2° diametro armatura tesa	
n1	N°. Barre 1° armatura tesa	10
n2	N°. Barre 2° armatura tesa	0
As'	Armatura superiore compressa	3142 mmq
As	Armatura inferiore tesa	3142 mmq
Fi Staffe	Diametro staffe	12 mm
s. Staffe	Passo staffe	150 mm
bracci	Numero Bracci staffe	2
cotθ	(proiez.orizz.)/(proiez.vert.) puntone cls	2,0 [range: 1,0-2,5]
alpha	angolo staffe/piegati rispetto all'orizzontale	90,0°
Asw	Area a taglio per unità di lunghezza	1508 mmq/m

**Geometria della Sezione:**



**Dati di Output:**

<b>SLV - Momento al limite elastico</b>			
<S-N>	Momento Ultimo resistente dissipativo <S/N>	N	
Mrd	Momento ultimo resistente	697 kNm	CoeffSfrutt. 36%

**Oggetto:**

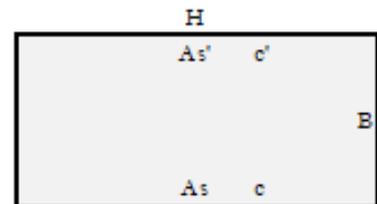
TOMBINO IN18\_0+730,00 - Nuovo NTC18

Sezione n° 03

**Dati di Input:**

B	Base sezione rettangolare	1000 mm	
H	Altezza sezione rettangolare	600 mm	
c'	Copri ferro armatura sup. compresa	70 mm	
c	Copri ferro armatura inf. Tesa	70 mm	
d	Altezza utile = H-c	530 mm	
f <sub>ck</sub>	Resistenza caratt. Cilindrica calcestruzzo	30 MPa	
f <sub>yk</sub>	Resistenza caratt. Snervamento acciaio	450 MPa	
N <sub>ed</sub>	Sforzo normale di calcolo [(+)Trazione]	0,0 kN	
M <sub>ed</sub>	Momento flettente di calcolo [(+)]	283,7 kNm	
V <sub>ed</sub>	Taglio di calcolo [(+)]	0,0 kN	
T <sub>ed</sub>	Torsione di calcolo [(+)]	0 kNm	
fi1	1° diametro armatura tesa	20	
fi2	2° diametro armatura tesa		
n1	N° Barre 1° armatura tesa	10	
n2	N° Barre 2° armatura tesa	0	
A <sub>s'</sub>	Armatura superiore compressa	3142 mmq	
A <sub>s</sub>	Armatura inferiore tesa	3142 mmq	
fi Staffe	Diametro staffe	mm	
s. Staffe	Passo staffe	150 mm	
bracci	Numero Bracci staffe	2	
cotθ	(proiez.orizz.)/(proiez.vert.) puntone cls	2,0 [range: 1,0-2,5]	
alpha	angolo staffe/piegati rispetto all'orizzontale	90,0°	
A <sub>sw</sub>	Area a taglio per unità di lunghezza	0 mmq/m	0,00 cmq/m

**Geometria della Sezione:**



**Dati di Output:**

**SLV - Momento al limite elastico**

<S-N>	Momento Ultimo resistente dissipativo <S/N>	N		
M <sub>rd</sub>	Momento ultimo resistente	579 kNm	Coeff.S frutt.	49%

**Oggetto:**

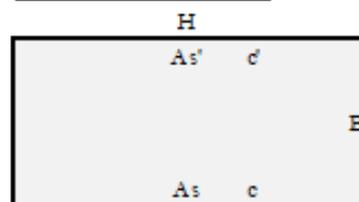
TOMBINO IN18\_0+730,00 - Nuovo NTC18

Sezione n°. 04

**Dati di Input:**

B	Base sezione rettangolare	1000 mm
H	Altezza sezione rettangolare	600 mm
c'	Copriferro armatura sup. compressa	70 mm
c	Copriferro armatura inf. Tesa	70 mm
d	Altezza utile = H-c	530 mm
fck	Resistenza caratt. Cilindrica calcestruzzo	30 MPa
fyk	Resistenza caratt. Snervamento acciaio	450 MPa
Ned	Sforzo normale di calcolo [(+)Trazione]	0,0 kN
Med	Momento flettente di calcolo [(+)]	262,4 kNm
Ved	Taglio di calcolo [(+)]	0,0 kN
Ted	Torsione di calcolo [(+)]	0 kNm
Fi1	1° diametro armatura tesa	20
Fi2	2° diametro armatura tesa	
n1	N°. Barre 1° armatura tesa	10
n2	N°. Barre 2° armatura tesa	0
As'	Armatura superiore compressa	3142 mmq
As	Armatura inferiore tesa	3142 mmq
Fi Staffe	Diametro staffe	12 mm
s. Staffe	Passo staffe	150 mm
bracci	Numero Bracci staffe	2
cotθ	(proiez.orizz.)/(proiez.vert.) puntone cls	2,0 [range: 1,0-2,5]
alpha	angolo staffe/piegati rispetto all'orizzontale	90,0°
Asw	Area a taglio per unità di lunghezza	1508 mmq/m

**Geometria della Sezione:**



**Dati di Output:**

<b>SLV - Momento al limite elastico</b>			
<S-N>	Momento Ultimo resistente dissipativo <S/N>	N	
Mrd	Momento ultimo resistente	579 kNm	Coeff.S frutt. 45%

**Oggetto:**

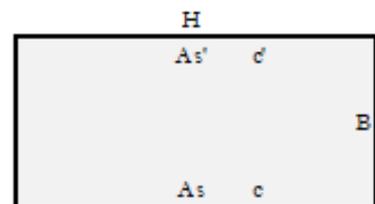
TOMBINO IN18\_0+730,00 - Nuovo NTC18

Sezione n°. 05

**Dati di Input:**

B	Base sezione rettangolare	1000 mm
H	Altezza sezione rettangolare	600 mm
c'	Copriferro armatura sup. compressa	70 mm
c	Copriferro armatura inf. Tesa	70 mm
d	Altezza utile = H-c	530 mm
f <sub>ck</sub>	Resistenza caratt. Cilindrica calcestruzzo	30 MPa
f <sub>yk</sub>	Resistenza caratt. Snervamento acciaio	450 MPa
N <sub>ed</sub>	Sforzo normale di calcolo [(+)]Trazione]	0,0 kN
M <sub>ed</sub>	Momento flettente di calcolo [(+)]	198,9 kNm
V <sub>ed</sub>	Taglio di calcolo [(+)]	0,0 kN
T <sub>ed</sub>	Torsione di calcolo [(+)]	0 kNm
Fi1	1° diametro armatura tesa	20
Fi2	2° diametro armatura tesa	0
n1	N°. Barre 1° armatura tesa	10
n2	N°. Barre 2° armatura tesa	0
A <sub>s'</sub>	Armatura superiore compressa	3142 mmq
A <sub>s</sub>	Armatura inferiore tesa	3142 mmq
Fi Staffe	Diametro staffe	12 mm
s. Staffe	Passo staffe	150 mm
bracci	Numero Bracci staffe	2
cotθ	(proiez.orizz.)/(proiez.vert.) puntone cls	2,0 [range: 1,0-2,5]
alpha	angolo staffe/piegati rispetto all'orizzontale	90,0°
A <sub>sw</sub>	Area a taglio per unità di lunghezza	1508 mmq/m

**Geometria della Sezione:**



**Dati di Output:**

**SLV - Momento al limite elastico**

<S-N>	Momento Ultimo resistente dissipativo <S/N>	N
Mrd	Momento ultimo resistente	579 kNm

Coeff.S frutt. 34%

**Oggetto:**

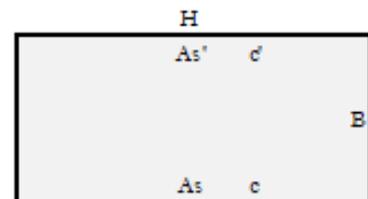
TOMBINO IN18\_0+730,00 - Nuovo NTC18

Sezione n°. 06

**Dati di Input:**

B	Base sezione rettangolare	1000 mm
H	Altezza sezione rettangolare	600 mm
c'	Copri ferro armatura sup. compressa	70 mm
c	Copri ferro armatura inf. Tesa	70 mm
d	Altezza utile = H-c	530 mm
fck	Resistenza caratt. Cilindrica calcestruzzo	30 MPa
fyk	Resistenza caratt. Snervamento acciaio	450 MPa
Ned	Sforzo normale di calcolo [(+)Trazione]	0,0 kN
Med	Momento flettente di calcolo [(+)]	270,9 kNm
Ved	Taglio di calcolo [(+)]	0,0 kN
Ted	Torsione di calcolo [(+)]	0 kNm
Fi1	1° diametro armatura tesa	20
Fi2	2° diametro armatura tesa	0
n1	N°. Barre 1° armatura tesa	10
n2	N°. Barre 2° armatura tesa	0
As'	Armatura superiore compressa	3142 mmq
As	Armatura inferiore tesa	3142 mmq
Fi Staffe	Diametro staffe	0 mm
s. Staffe	Passo staffe	150 mm
bracci	Numero Bracci staffe	2
cotθ	(proiez.orizz.)/(proiez.vert.) puntone cls	2,0 [range: 1,0-2,5]
alpha	angolo staffe/piegati rispetto all'orizzontale	90,0°
Asw	Area a taglio per unità di lunghezza	0 mmq/m

**Geometria della Sezione:**



**Dati di Output:**

<b>SLV - Momento al limite elastico</b>			
<S-N>	Momento Ultimo resistente dissipativo <S/N>	N	
Mrd	Momento ultimo resistente	579 kNm	Coeff.S frutt. 47%



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA

INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.

MACROFASE FUNZIONALE 1  
LOTTO 02

Relazione di calcolo tombino IN18 km 0+730

COMMESSA <b>RS3H</b>	LOTTO 0 2 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN.18.0.0.001	REV. A	FOGLIO 51 di 51
-------------------------	-------------------	----------------	----------------------------	-----------	--------------------

Si riportano i coefficienti di sfruttamento nelle sezioni notevoli per le verifiche SLV al limite elastico:

SINTESI VERIFICHE SEZIONI NOTEVOLI:							
SL	VERIF	SEZ01	SEZ02	SEZ03	SEZ04	SEZ05	SEZ06
SLV	Med/Mrd	43%	36%	49%	45%	34%	47%

I coefficienti di sfruttamento sono tutti inferiori all'unità e pertanto le verifiche risultano soddisfatte.